

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

Ingeniería Técnica Industrial:
Electrónica Industrial

**DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA
CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA (II)**

AUTOR: Daniel Del Olmo Acebes

TUTOR: Santiago Martínez de la Casa Díaz

JULIO 2009

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres, Juan Antonio y Victoria, por que sin ellos no podría haber llegado hasta aquí. Por su incondicional apoyo en los buenos y malos momentos, y por su motivación para conseguir nuevas metas. A mi hermana Laura, sin la cual no podría haber realizado todos los montajes audiovisuales del Proyecto. Al resto de mi familia por apoyarme durante toda esta etapa de mi vida, y especialmente en esos duros momentos de estudio en verano.

De forma especial a Tamara, mi novia durante toda esta etapa, que ha sufrido durante este tiempo las tensiones y agobios de tantas épocas de exámenes, sin la que no hubiera podido superar muchos malos momentos y que me ha ayudado a afrontar las adversidades surgidas en el Proyecto. Gracias por haber conseguido que en tu compañía toda fuera mejor.

A todas las personas que han colaborado de forma determinante para que este Proyecto haya terminado de una forma satisfactoria; a mi tutor Santi, con el que he aprendido mucho, a mi compañero Jose, con el que he pasado tantos buenos y duros momentos de trabajo codo con codo, a Juan y Raul por su colaboración directa en el Proyecto, a Guille y Jose por sus sabios consejos.

A todos mis amigos con los que siempre he estado tan unido, por los buenos momentos que hemos pasado, y por la fuerza y ánimos que me han regalado sin esperar nada a cambio.

Muchas gracias a todos, Dani.

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

AGRADECIMIENTOS:	I
ÍNDICE DE CONTENIDOS:	II
ÍNDICE DE FIGURAS:	VI
ÍNDICE DE TABLAS:	XV
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del proyecto.....	2
1.2 Marco del proyecto. Industrialización de la construcción	3
1.2.1 Ideas generales	3
1.2.2 Proyecto Manubuild	9
1.2.2.1 Resumen del proyecto	10
1.2.2.2 Mobile Factory	12
1.2.2.3 Sistema Service Core	19
1.3 Objetivos	27
1.4 Alcance del proyecto	28
II. ESTADO DEL ARTE EN PROCESOS ROBOTIZADOS DE MECANIZADO Y ENSAMBLADO	29
2.1 Robótica y automatización.....	30
2.1.1 Ideas Generales	30
2.1.2 Tipos de automatización industrial	31
2.1.3 Concepto de célula de fabricación flexible.....	32
2.1.4 Necesidad de un sistema robotizado	33
2.2 Robot industrial	35
2.2.1 Definición de robot industrial	35
2.2.2 Historia y evolución de los robots industriales	37
2.2.3 Clasificación del los robots industriales	39
2.2.4 Características generales y justificación del uso de robots industriales	42
2.2.5 Oferta y elección del robot industrial	47
2.2.6 Procesos robotizados	52
2.2.6.1 Manipulación y procesado de elementos.	53
2.2.6.2 Paletización.....	54
2.2.6.3 Operaciones industriales de mecanización.....	55
2.2.6.4 Trabajos en fundición.....	57
2.2.6.5 Montaje y ensamblado	58

2.2.6.6 Inspecciones en lugares inaccesibles y manipulación de residuos tóxicos-peligrosos	59
2.2.6.7 Control de calidad y otros campos.....	60
2.2.7 Conclusiones actividad robótica mundial y proyección de futuro	62
2.4 Procesos robotizados de ensamblaje.....	65
2.4.1 Concepto	65
2.4.2 Aplicaciones.....	67
2.5 Procesos robotizados de mecanizado.....	70
2.5.1 Concepto	70
2.5.2 Aplicaciones.....	73
III. DESCRIPCIÓN DE LA CÉLULA ROBOTIZADA	81
3.1 Descripción general de la célula de fabricación flexible robotizada	82
3.2 Descripción de las áreas de la célula	84
3.2.1 Área del sistema robótico	85
3.2.2 Área de almacén de material.....	86
3.2.3 Área de trabajo	87
IV. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS PRINCIPALES DE LA CÉLULA ROBOTIZADA	88
4.1 Robot IRB2400-16 de ABB	89
4.1.1 Introducción	89
4.1.2 Instalación.....	92
4.1.3 Diagrama de carga.....	93
4.1.4 Montaje de equipos	94
4.1.5 Movimientos y alcance del robot	96
4.1.6 Mantenimiento	97
4.1.7 Controlador IRC5	98
4.1.8 Robotstudio.....	103
4.2 Herramientas	107
4.2.1 Pinza mecánica.....	107
4.2.2 Garra neumática	110
4.2.3 Herramienta de mecanizado	113
4.3 Sistema de cambio automático de herramienta	134
4.3.1 Introducción	134

4.3.2 Mecanismo y secuencia de acoplo y desacoplo	135
4.3.3 Componentes del cambio de herramienta.....	137
4.3.4 Instalación.....	142
4.3.5 Mantenimiento	145
4.4 Sistemas auxiliares	147
4.4.1 Componentes estructurales	147
4.4.2 Componentes eléctricos.....	148
4.4.3 Componentes neumáticos e hidráulicos	153
4.5 Descripción de los productos de la célula robotizada.....	159
4.5.1 Ensamblado del módulo de aguas	159
4.5.2 Mecanizado de baldosas	169
V. DISEÑO DE LA CÉLULA ROBOTIZADA	171
5.1 Diseño hardware	172
5.1.1 Diseños realizados para el área del sistema robótico	172
5.1.1.1 Implementación de la pinza mecánica.	173
5.1.1.2 Implementación de la herramienta de mecanizado	180
5.1.1.3 Circuito eléctrico completo	197
5.1.2 Diseños realizados para el área de almacén de material	218
5.1.2.1 Diseño mecánico de la estructura	219
5.1.2.2 Diseño de los sistemas de almacenaje para de los elementos de saneamiento	224
5.1.2.3 Diseño de sistemas para el sub-ensamblaje de elementos del saneamiento	228
5.1.3 Diseños realizados para el área de trabajo	232
5.1.3.1 Diseño mecánico de la estructura	232
5.1.3.2 Diseño del sistema de sujeción para el área de mecanizado	236
5.2 Diseño software.....	237
5.2.1 Introducción al desarrollo de estaciones de trabajo virtual	237
5.2.2 Diseño CAD de los componentes de la célula	239
5.2.3 Implementación de la célula robotizada en RobotStudio	245
5.2.3.1 Colocación de los componentes de la célula.	245
5.2.3.2 Datos de programa	250
5.2.3.3 Creación de puntos y trayectorias	256
5.2.2.4 Creación de programas RAPID	291

5.2.2.5 Simulación.....	291
5.2.4 Conclusiones Simulación Virtual.....	299
VI. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.....	300
6.1 Puesta en marcha hardware.....	301
6.1.1 Puesta en marcha del área del sistema robótico.....	301
6.1.1.1 Puesta en marcha de la pinza mecánica	301
6.1.1.2 Puesta en marcha de la herramienta de mecanizado	303
6.1.1.3 Puesta en marcha del circuito eléctrico completo.....	305
6.1.2 Puesta en marcha del área de almacén.	309
6.1.2.1 Puesta en marcha de la estructura mecánica	309
6.1.2.2 Puesta en marcha del almacén de los elementos de saneamiento.....	310
6.1.2.3 Puesta en marcha de sistemas para el sub-ensamblaje de elementos del sistema de saneamiento.	311
6.1.3 Puesta en marcha del área de trabajo	312
6.1.3.1 Puesta en marcha de la estructura mecánica	312
6.1.3.1 Puesta en marcha del sistema de sujeción para el área de mecanizado	313
6.2 Puesta en marcha software	314
6.2.1 Cambio de señales virtuales a reales en los programas	314
6.2.2 Rutinas de control de los sistemas reales	316
6.2.3 Ajuste de objetivos del programa a la célula robotizada real	317
6.3 Demostración del funcionamiento de la célula robotizada real	319
VII. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	325
7.1 Conclusiones	326
7.2 Trabajos futuros.....	328
VIII. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	329
IX. ANEXOS.....	332
9.1 Planos.....	333
9.2 Programas rapid para el robot real.....	342
9.2.1 Ensamblaje sistema de saneamiento módulo del aguas	342
9.2.2 Mecanizado de piezas grandes	370
9.3 Hojas de características.....	398

ÍNDICE DE FIGURAS:

Capítulo I:

Figura I. 1: Comparación cronológica entre nº de viviendas terminadas y su valor	4
Figura I. 2: Seguimiento cronológico del paro entre distintos sectores	5
Figura I. 3: Concepto de prefabricación en la construcción	6
Figura I. 4: Factoría robotizada	8
Figura I. 5: Comparación entre inversión en investigación robótica y productividad humana	8
Figura I. 6: Grado de automatización en procesos industriales para diferentes sistemas .	9
Figura I. 7: Enfoque del proyecto ManuBuild	10
Figura I. 8: Transformación del modelo de la construcción	12
Figura I. 9: Fabricación en factorías y transporte	13
Figura I. 10: Factoría móvil	14
Figura I. 11: Dimensiones del contenedor del camión	16
Figura I. 12: Aproximación de una posible célula de la factoría móvil real	18
Figura I. 13: Vista general de un Service Core completo	21
Figura I. 14: SeriviceCore 3D y posible modelo real	23
Figura I. 15: Canalización de aguas sanitarias	24
Figura I. 16: Esquema de un sistema de distribución de aguas sanitarias	24
Figura I. 17: Fijación rápida	25

Capítulo II:

Figura II. 1: Diferentes tipos de robots articulados	36
Figura II. 2: Robot industrial tipo PUMA y Famulus	38
Figura II. 3: Clasificación de robots industriales por su estructura mecánica	40
Figura II. 4: Delimitaciones del área de trabajo de un robot	42
Figura II. 5: Comportamiento de un robot respecto a la frecuencia	44
Figura II. 6: Robot genérico articulado de 6 GDL	45
Figura II. 7: Robot IRB-2400 y controlador IRC5 de la marca ABB	51
Figura II. 9: Uso de robot en la integración de microchips	53
Figura II. 8: Máquina de torneado con carga por robot	53
Figura II. 10: Uso de robot en labores de paletización	54
Figura II. 11: Diferentes procesos de soldadura mediante robots	55
Figura II. 12: Robots pintando la carrocería de un automóvil	56

Figura II. 13: Robot puliendo (izquierda). Robot desbarbando piezas (derecha).....	56
Figura II. 14: Robots trabajando en el colado de moldes.....	58
Figura II. 15: Robots trabajando en el colado de moldes.....	58
Figura II. 16: Inspección de los tubos del generador de vapor en un reactor nuclear	59
Figura II. 17: Robots en España por actividad	61
Figura II. 18: Robots en España por sector	61
Figura II. 19: Previsión de la demanda de robots industriales en sectores no automóvil	63
Figura II. 20: Previsión de la demanda de robots industriales	64
Figura II. 21: Robot en tareas de anclaje.....	67
Figura II. 22: Robot ensamblando piezas.....	68
Figura II. 23: Robot SCARA fijando componentes en placas electrónicas	69
Figura II. 24: Máquina de control numérico	71
Figura II. 25: Coste de mecanizado en función de las piezas a mecanizar por lote	72
Figura II. 26: Fresado para la obtención de un molde	74
Figura II. 27: Ejemplo de funcionamiento de fresado mediante robot	75
Figura II. 28: Desbarbado de una llanta para automóvil (izquierda) y desbarbado de cremalleras de aluminio y alojamiento para piñones (derecha)	76
Figura II. 29: Taladrado de un molde de neumáticos	78
Figura II. 30: Lijado del guardabarros de una moto	79
Figura II. 31: Pulido de un alerón para automóvil.....	79
Figura II. 32: Lijado de la parte trasera del chasis de un coche	80
Capítulo III:	
Figura III.1: Layout de la célula	84
Capítulo IV:	
Figura IV.1: Robot IRB2400-16 y su controlador IRC5.....	89
Figura IV.2: Dimensiones del robot.....	91
Figura IV.3: Elementos de fijación del robot.	92
Figura IV.4: Diagrama de carga del robot.....	93
Figura IV.5: Montaje de equipos adicionales en el robot.	94
Figura IV.6: Sistema de fijación de la muñeca del robot.....	95
Figura IV.7: Ejes del robot.....	96
Figura IV.8: Rango de trabajo del robot.	96
Figura IV.9: Panel de control del IRC5.	99
Figura IV.10: FlexPendant.	101

Figura IV.11: Robotstudio 5.11.....	103
Figura IV.12: VirtualRobot Technology.....	105
Figura IV.13: Pinza MHQG-40D	107
Figura IV.14: Mecanismo MHQG-40D.....	109
Figura IV.15: Garra VGS3010	110
Figura IV.16: Bomba de succión efecto Venturi.....	111
Figura IV.17: Medidas de la garra VGS3010.....	112
Figura IV.18: Herramienta de mecanizado	113
Figura IV.19: Características SM3002.....	114
Figura IV.20 Control trapezoidal.....	115
Figura IV.21: Cálculo del vector de corrientes del estator.....	116
Figura IV.22: ST3002: Dimensiones del montaje	116
Figura IV.23: Configuración perpendicular, de ejes cruzados y de ejes paralelos.	117
Figura IV.24: Conectores SM3002.....	118
Figura IV.25: Boquilla del SM3002	118
Figura IV.26: Cambio de boquilla.	119
Figura IV.27: Conexiones externas del SM3002.....	120
Figura IV.28: Gráfica termistor	121
Figura IV.29: Diferentes configuraciones del AFD70.....	123
Figura IV.30: Características AFD.	125
Figura IV.31: Diseño de la montura del Sensor AFD70.	126
Figura IV.32: Diseño de la brida estándar del sensor.	126
Figura IV.33: Carga rodamientos ADF70.	127
Figura IV.34: Conexión de la señal lineal del potenciómetro.	128
Figura IV.35: Ángulo para el control de fuerza.....	130
Figura IV.36: Configuración neumática.	131
Figura IV.37: Conexiones de aire del sensor.....	132
Figura IV.38: Sistema de cambio de herramienta SWS-071.....	134
Figura IV.39: Ejemplo de montaje.	135
Figura IV.40: Secuencia de acople (Paso1).....	136
Figura IV.41: Secuencia de acople (Paso2).....	136
Figura IV.42: Sistema de seguridad.	137
Figura IV.43: Cuerpo SWS-071	138
Figura IV.44: Offset.....	139

Figura IV.45: Conector eléctrico R19.....	140
Figura IV.46: Conector hidráulico FG2.	141
Figura IV.47: Requisito de diseño para brida robot.....	142
Figura IV.48: Control mecanismo de cambio	143
Figura IV.49: Diferentes tipos de perfil de la marca Nikai.	147
Figura IV.50: Nikai empleado.	147
Figura IV.51: Interruptor automático.....	148
Figura IV.52: Relé	149
Figura IV.53: Datos técnicos del DAC de Krenel.	151
Figura IV.54: Controlador B30A40AC.....	152
Figura IV.55: Válvulas neumáticas.....	153
Figura IV.56: Ventosas.	154
Figura IV.57: Bomba de vacío.	155
Figura IV.58: Interruptor de presión.	156
Figura IV.59: Regulador de presión.....	157
Figura IV.60: CoolMate 3	158
Figura IV.61: Ejemplo de sistema de saneamiento.....	160
Figura IV.62: Racores bastidor.....	161
Figura IV.63: Sección barras bastidor.....	161
Figura IV.64: Medidas bastidor.....	162
Figura IV.65: Tuberías.	163
Figura IV.66: Racores saneamiento.....	164
Figura IV.67: Sistema ix-Press.....	165
Figura IV.68: Elementos de fijación.....	166
Figura IV.69: Ejemplos sistema de saneamiento.....	168
Figura IV.70: Mecanizado de piezas grandes.....	169
Figura IV.71: Mecanizado de piezas pequeñas.	170

Capítulo V:

Figura V. 1: Diagrama de fuerzas.....	174
Figura V. 2: Curvas calculo fuerza de agarre	174
Figura V. 3: Montaje elementos al cuerpo	175
Figura V. 4: Estructura elemento efector	176
Figura V. 5Usos de los elementos efectores.....	177
Figura V. 6Esquema electro-neumático pinza.....	178

Figura V. 7: Elementos pinza mecánica.....	179
Figura V. 8Anclaje elementos herramienta de mecanizado	181
Figura V. 9: Esquema conexionado de control h. de mecanizado	183
Figura V. 10: Conectores h. de mecanizado	184
Figura V. 11: Esquema conexionado h. mecanizado	186
Figura V. 12: Esquema de los seis posibles caminos de circulación de corriente en el control trapezoidal	189
Figura V. 13Esquema de un controlador con conmutación trapezoidal	189
Figura V. 14: Cálculo del vector de corrientes del estator y espacio de posibles direcciones de dicho vector.	190
Figura V. 15: Rizado del par motor respecto a la posición del rotor.	190
Figura V. 16: Conexiando entre el SM-3002 y el B30A40C	192
Figura V. 17: Funcionamiento DAC.....	194
Figura V. 18: Esquema Conexión neumática al AFD-71	195
Figura V. 19: Circuito neumático, suministro-regulador-sensor.....	195
Figura V. 20: Elementos herramienta de mecanizado	196
Figura V. 21: Esquema conexionado área robótica	198
Figura V. 22: Conexionado suministro eléctrico	199
Figura V. 23: Espacio IRC5 para unidades E/S.....	200
Figura V. 24: Esquema módulo E/S digital.....	201
Figura V. 25: Conexiones Zócalo- relé enchufable	204
Figura V. 26: Conexiones sistema de refrigeración.....	205
Figura V. 27: Conexiones encendido B30A40C	206
Figura V. 28: Distribución pines conector P2	207
Figura V. 29: Esquema de conexión P2 - XT5.1	208
Figura V. 30: Esquema de conexión P3 – XT6.....	209
Figura V. 31: Distribución pines conector P1	210
Figura V. 32: Esquema conexiones función habilitar SM3002.....	211
Figura V. 33: Esquema conexiones DAC	211
Figura V. 34: Esquema de conexiones BUS IRC5 – IRB2400	213
Figura V. 35: Esquema conexiones “Caja Negra” Robot	215
Figura V. 36: Layout Estación - Almacén.....	218
Figura V. 37: Estructura perfil extruido área de almacen	220
Figura V. 38: Tablero área almacén.....	221
Figura V. 39: Unión entre tablero y estructura perfil extruido almacén	221

Figura V. 40: Esquema general zona de sub-ensamblajes del tablero	222
Figura V. 41: Visión ampliada del lugar de anclaje de las ventosas.	222
Figura V. 42: Situación de la estructura de almacén en la estación.....	223
Figura V. 43: Altura de reposo de las tuberías	224
Figura V. 44: Distribución tuberías en almacén	225
Figura V. 45: Situación almacén racores en área de almacenamiento.....	226
Figura V. 46: Distribución racores saneamiento en su almacen	226
Figura V. 47: Distribución abrazaderas en el área de almacén	227
Figura V. 48: Esquema zona sub-ensamblajes saneamiento	228
Figura V. 49: Altura de los elementos para sub-ensamblaje de 25mm	229
Figura V. 50: Distribución elementos zona de sub-ensamblaje de 25mm	230
Figura V. 51: Visión sub-ensamblaje módulo A	230
Figura V. 52: Visión sub-ensamblaje módulo B	230
Figura V. 53: Visión sub-ensamblaje módulo C	230
Figura V. 54: Distribución elementos de sub-ensamblajes de 20mm.....	231
Figura V. 55: Visión sub-ensamblaje D	231
Figura V. 56: Estructura mecánica área de trabajo	233
Figura V. 57: Tablero del área de trabajo.....	234
Figura V. 58: Anclaje estructura del área de trabajo	234
Figura V. 59: Situación de la estructura de trabajo en la estación.....	235
Figura V. 60: Sistema de sujeción zona de mecanizado	236
Figura V. 61: Modelo CAD de la estación.	240
Figura V. 62: Modelos CAD de las herramientas.....	241
Figura V. 63: Creación racores saneamiento en CAD	243
Figura V. 64: Creación abrazaderas para saneamiento en CAD	243
Figura V. 65: Sector de piezas pequeñas en CAD	244
Figura V. 66: Piezas pequeñas 5-6-9-10	244
Figura V.67: Colocación de la estación en Robotstudio.	246
Figura V.68: Colocación del robot en Robotstudio.	246
Figura V.69: Colocación del plato maestro en Robotstudio.	247
Figura V.70: Colocación de las herramientas en Robotstudio.	248
Figura V. 71: Colocación material sistema de saneamiento	248
Figura V.72: Datos de herramienta.....	251
Figura V. 73: Esquema sistemas de referencia.....	252

Figura V.74: Objetos de trabajo.....	253
Figura V. 75: Flujo-grama del proceso	257
Figura V. 76: Robot realizando mecanizado	257
Figura V. 77: Anclaje de abrazaderas	258
Figura V. 78: Servicore´s tras su producción	258
Figura V. 79: Colocación y orden de los taladros	260
Figura V. 80: Pasos para taladrar el sistema de saneamiento de 25mm	260
Figura V. 81: Trayectorias para el mecanizado del saneamiento de 25mm.....	261
Figura V. 82: Pasos para taladrar el sistema de saneamiento de 20 mm	262
Figura V. 83: Trayectorias para el mecanizado del sistema de saneamiento de 20mm	263
Figura V. 84: Pasos para montar las abrazaderas del S. de saneamiento de 25mm	264
Figura V. 85: Trayectorias para la colocación de las abrazaderas para tubo de 25mm	265
Figura V. 86: Pasos para montar las abrazaderas del S. de saneamiento de 20mm	266
Figura V. 87: Trayectorias para la colocación de las abrazaderas para tubo de 25mm	267
Figura V. 88: Flujo-grama producción S. de saneamiento de 25mm	269
Figura V. 89: Pasos para obtención del sub-ensamblaje A	270
Figura V. 90: Trayectorias obtención sub-ensamblaje A.....	271
Figura V. 91: Pasos ensamblaje módulo A	272
Figura V. 92: Trayectorias ensamblaje módulo A.....	272
Figura V. 93: Pasos ensamblaje módulo C-1	273
Figura V. 94: Trayectorias ensamblaje módulo C-1	274
Figura V. 95: Pasos ensamblaje módulo C-2	274
Figura V. 96: Trayectorias ensamblaje módulo C-2.....	275
Figura V. 97: Pasos ensamblaje módulo B-1	276
Figura V. 98: Trayectorias para ensamblar módulo B-1.....	277
Figura V. 99: Pasos para ensamblar módulo B-2	277
Figura V. 100: Trayectorias ensamblaje módulo B-2.....	278
Figura V. 101: Evolución producción sistema de saneamiento de 25mm	279
Figura V. 102: Total de trayectorias para la producción del S. de saneamiento de 25mm	280
Figura V. 103: Flujo-grama para la producción de saneamiento de 20mm	281
Figura V. 104: Pasos para el ensamblaje del módulo D-1	282
Figura V. 105: Trayectorias para el ensamblaje del módulo D-1.....	283
Figura V. 106: Pasos ensamblaje módulo D-2	283

Figura V. 107: Trayectorias para el ensamblado del módulo D-2.....	284
Figura V. 108: Total de trayectorias para obtener el S. de saneamiento de 20mm	285
Figura V. 109: División en módulos para mecanizado piezas pequeñas	286
Figura V. 110: Flujo-grama mecanizado fichas pequeñas	286
Figura V. 111: Pasos para manipulación de la baldosa.....	287
Figura V. 112: Trayectorias de manipulación de la baldosa	288
Figura V. 113: Pasos para mecanizado de la baldosa	288
Figura V. 114: Trayectorias de mecanizado de piezas pequeñas I.....	289
Figura V. 115: Trayectorias de mecanizado de piezas pequeñas II.....	290
Figura V. 116: Simulación preparación bastidor de 25mm	292
Figura V. 117: Simulación preparación bastidor de 20mm	292
Figura V. 118: Simulación acoplo abrazaderas de saneamiento 25mm	293
Figura V. 119: Simulación acoplo abrazaderas de saneamiento 20mm	294
Figura V. 120: Simulación producción saneamiento 25mm	296
Figura V. 121: Simulación producción saneamiento 25mm	297
Figura V. 122: Simulación mecanizado baldosas pequeñas	298

Capítulo VI:

Figura VI. 1: Cable pinza mecánica.....	302
Figura VI. 2: Puesta en marcha de la pinza mecánica	302
Figura VI. 3: Implementación eléctrica herramienta de mecanizado	303
Figura VI. 4: Implementación neumática herramienta de mecanizado	304
Figura VI. 5: Implementación circuito refrigeración de la herramienta de mecanizado	304
Figura VI. 6: Implementación herramienta de mecanizado	305
Figura VI. 7: Implementación circuito eléctrico completo	306
Figura VI. 8: Modulo E/S & DAC – B30A40C – XT6 & XT5 – R1.CP/CS.....	307
Figura VI. 9: R2.CP/CS – Caja negra – R19.....	308
Figura VI. 10: Sistema eléctrico	308
Figura VI. 11: Estructura mecánica área almacen	309
Figura VI. 12: Almacen elementos del sistema de saneamiento	310
Figura VI. 13: Puesta en marcha línea de sub-ensamblajes de 25mm.....	311
Figura VI. 14: Puesta en marcha línea de sub-ensamblajes de 20mm.....	311
Figura VI. 15: Puesta en marcha de la estructura mecánica área de ensamblaje	312

Figura VI. 16: Puesta en marcha del area de mecanizado.....	313
Figura VI. 17: Mecanizado bastidor	319
Figura VI. 18: Anclaje abrazaderas	320
Figura VI. 19: Producción saneamiento para tubos de 25mm.....	321
Figura VI. 20: Producción saneamiento para tubos de 20mm.....	322
Figura VI. 21: Manipulación real baldosa.....	323
Figura VI. 22: Mecanizado fichas pequeñas baldosa azul.	323
Figura VI. 23: Mecanizado fichas pequeñas baldosa blanca.....	324

ÍNDICE DE TABLAS:

Capítulo II:

Tabla II. 1: Clasificación de robots según la AFRI	41
Tabla II. 2: Clasificación de robots por generaciones.....	41
Tabla II. 3: Comparación entre robot industrial y una máquina control numérico	46
Tabla II. 4: Características deseables de un robot según su aplicación	48
Tabla II. 5: Lista de posibles robots industriales articulados	49
Tabla II. 6: Lista de controladores para los posibles robots industriales articulados	50
Tabla II. 7: Ventajas y desventajas del robot IRB-2400 de ABB.....	51

Capítulo IV:

Tabla IV.1: Movimientos del robot.	96
Tabla IV.2: Panel de control del IRC5.....	99
Tabla IV.3: FlexPendant.	101
Tabla IV.4: Características de la pinza MHQG-40D.....	108
Tabla IV.5: Mecanismo MHQG-40D	109
Tabla IV.6: Características garra VGS3010.....	112
Tabla IV.7: Características sistema cambio herramienta.	139
Tabla IV.8: Mantenimiento preventivo del sistema de cambio de herramienta.....	146
Tabla IV.9: Rango de funcionamiento del controlador analógico.....	152
Tabla IV.10: Características Controlador analógico.....	152
Tabla IV.11: Características válvulas.	153
Tabla IV.12: Características ventosas.....	154
Tabla IV.13: Características bombas de vacío.	155
Tabla IV.14: Características interruptor de presión.....	156
Tabla IV.15: Características regulador de presión.....	157
Tabla IV.16: Características sistema refrigerador.	158
Tabla IV.17: Sección barras bastidor.....	161
Tabla IV.18: Elementos del bastidor del módulo de aguas.....	162
Tabla IV.19: Elementos del sistema de saneamiento del módulo de aguas.....	167

Capítulo V:

Tabla V. 1: Señales pines conectores h. de mecanizado	184
Tabla V. 2: Colores cables señales h. de mecanizado.....	186
Tabla V. 3: Rango de potencia B30A40C	187
Tabla V. 4: Señales pines conector P2.....	191
Tabla V. 5: Señales pines conector P2.....	191
Tabla V. 6: Funcionamiento inhibir SM3002.....	193
Tabla V. 7: Control velocidad SM3002 de forma analógica.....	193
Tabla V. 8: Control velocidad motor mediante DAC	194
Tabla V. 9: Función de las Salidas Digitales.....	202
Tabla V. 10: Función de las Entradas Digitales	202
Tabla V. 11: Especificaciones Coolmates 3	203
Tabla V. 12: Control Sistema de refrigeración.....	204
Tabla V. 13: Color cables conexiones CoolMates 3	205
Tabla V. 14: Señales pines conector C1.....	206
Tabla V. 15: Color cables encendido B30A40C	206
Tabla V. 16: Señales pines conector P2 B30A40C	207
Tabla V. 17: Conexiones bus de realimentación	208
Tabla V. 18: Pines conector P3 B30A40C	209
Tabla V. 19: Conexiones Bus de Potencia	209
Tabla V. 20: Señales pines conector P1 B30A40C	210
Tabla V. 21: Conexiones función habilitar SM3002	211
Tabla V. 22: Conexiones DAC	212
Tabla V. 23: Conexiones potencia BUS IRC5 - IRB2400	213
Tabla V. 24: Conexión señales BUS IRC5-IRB2400.....	214
Tabla V. 25: Conexión señales “caja negra”	216
Tabla V. 26: Conexiones de potencia “caja negra”	217
Tabla V. 27: Nomenclatura tuberías	224
Tabla V. 28: Nomenclatura racores	225
Tabla V. 29: Nomenclatura abrazaderas	227
Tabla V. 30: Posición del MasterPlate.....	247
Tabla V. 31: Posición de las herramientas	247
Tabla V. 32: Posición material sistema de saneamiento	249
Tabla V. 33: Objetos de trabajo.....	252

Tabla V. 34: Tabla de eventos Ensamblaje Saneamiento.	254
Tabla V. 35: Tabla de eventos mecanizado piezas pequeñas	255

Capítulo VI:

Tabla VI. 1: Conexiones del cable de pinza mecánica	302
Tabla VI. 2. Correspondencia entre señales virtuales y reales	315
Tabla VI.3: Ajuste de objetos de trabajo a la célula real.	318



I. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del proyecto

Este Proyecto Fin de Carrera se basa en el diseño y puesta en marcha de una célula de fabricación flexible robotizada, que realice distintos procesos de ensamblaje y mecanizado del sector de la construcción.

Dicha célula, es una reproducción de una factoría móvil llamada Mobile Factory, incluida dentro de uno de los proyectos de colaboración europeos del Sexto Programa Marco de la Comisión Europea (6FP) llamado **ManuBuild**, el cual se explica detalladamente más adelante. La idea principal y a su vez objetivo principal del proyecto ManuBuild consiste en realizar el salto del proceso constructivo tradicional (construcción en la obra, agentes del proceso mal integrados y coordinados, etc.) a un proceso que aproveche las ventajas de la industrialización, tomando ejemplos de lo que ocurre en otros campos, como el automovilístico o el aeronáutico.

La célula, basa su funcionamiento en un brazo robótico comercial **IRB2400-16** de la marca ABB. Por tanto, los diseños realizados, tanto hardware como software, serán los necesarios para que el robot pueda realizar los procesos deseados. El diseño hardware consiste en los diseños electrónicos y mecánicos necesarios para la implementación de los sistemas físicos de los que está compuesta la célula. Por otro lado, el diseño software consiste en el diseño de los procesos de mecanizado y ensamblado a realizar, y en el diseño de una célula robotizada virtual que permita la simulación de los mismos y la transferencia de programas robóticos del ordenador al robot.

Además del diseño de la célula, se ha llevado a cabo su puesta en marcha en el laboratorio del departamento de Sistemas y Automática de la Universidad Carlos III de Madrid, verificando el correcto funcionamiento de los distintos sistemas y realizando los procesos y demostraciones convenientes.

1.2 Marco del proyecto. Industrialización de la construcción

1.2.1 Ideas generales

Durante los últimos siglos el método de construcción se ha mantenido casi constante, habiendo evolucionado únicamente mediante las mejoras tecnológicas en las herramientas utilizadas, pero nunca se ha tratado de realizar un cambio de mentalidad en la consecución del proceso general de la construcción.

Este método, el tradicional, es actualmente el más extendido habiéndose probado y contrastado su eficacia, se basa en el transporte de los materiales al lugar de construcción, en el que se llevarán a cabo las diferentes labores, las cuales resultan muy difíciles de coordinar dada la total diversidad de características y necesidades de cada proceso. Esto suele conllevar ineficacias tales como esperas innecesarias en procesos dependientes de los recursos generados por otro proceso, en la dependencia de varios procesos de los mismos recursos o en la incapacidad de realizar varios procesos simultáneamente.

Se puede incluso catalogar de un proceso altamente artesanal y habitualmente destructivo, en el sentido de que para pequeños trabajos se pueden generar grandes cantidades de escombros, deteriorando innecesariamente el medio local produciendo mayor contaminación ambiental. Igualmente se hace complicado el mantenimiento o la posible reparación debido a la dificultad de registro, inspección y accesibilidad de la instalación, resultado de esta forma muy incómodo efectuar posibles cambios de distribución.

El sector presenta, como hemos observado, una serie de ineficiencias. Industrializar la totalidad del proceso mejoraría considerablemente la situación actual, pero a pesar de todo se ha visto profundamente obstaculizada por la visión tradicional y conservadora del sector, además de por una rentabilidad contrastada durante décadas y que hacía más complicado la renovación y reestructuración del sector.

Debido a que la construcción de viviendas se incremento mucho de unos años a esta parte, ha gozado de un gran volumen de trabajo, ha resultado igualmente eficiente y rentable su construcción según el método tradicional, quedándose por detrás de las demás en cuanto a desarrollo tecnológico e integración.

Puede que a nivel español, tras la crisis que atraviesa el sector debido a una drástica reducción en el volumen de ventas de edificios, y por consiguiente de los ingresos, se tomen nuevas medidas en este sentido, que proporcionen un sistema más sostenible y rentable a la par que eficiente. A continuación se explica brevemente la situación ocurrida mediante un estudio obtenido de la web [1].

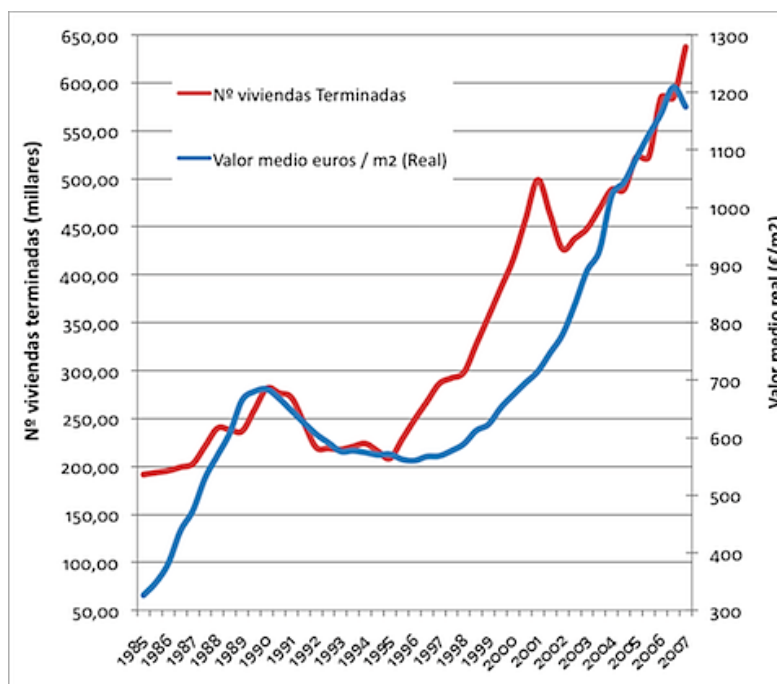


Figura I. 1: Comparación cronológica entre nº de viviendas terminadas y su valor

La figura anterior muestra la progresión entre el nº de viviendas terminadas y el valor medio de tales viviendas. Se puede observar que aunque los valores de tasación ya están cayendo, la oferta de pisos no deja de aumentar y alcanza un nuevo máximo en el último semestre del año. Que la oferta aumente cuando la demanda se ha reducido y los precios están cayendo no parece un augurio de otra cosa que no sea mayores descensos.

En la siguiente imagen se puede observar como el sector de la construcción demandaba una mano de obra muy artesanal, poco cualificada, debido a que los procesos desarrollados para la construcción de viviendas seguían una mentalidad muy tradicional. De esta forma cuando llegan épocas de caídas en las ventas, y por tanto, en la producción, se destruye mucho más empleo que en el resto de sectores. Comparando el sector de la construcción directamente con el de la industria se puede observar como la variación del paro es mucho en la construcción.



Figura I. 2: Seguimiento cronológico del paro entre distintos sectores

Con estos datos, se ve claramente como el sector de la construcción precisa de cambios que produzcan mucha mayor estabilidad y por añadidura una mayor calidad tanto de producto como de oferta para los consumidores.

Otras industrias han adoptado estrategias organizativas y energéticas que les han llevado a conseguir reducir los costes de producción y mejorar la productividad tanto a nivel de rapidez y volumen como de calidad de los productos finales (por ejemplo, la implementación de sistemas CIM, sistemas de fabricación integrada por ordenador, y sistemas de fabricación flexibles). La industria de la vivienda necesita un cambio en el sistema de fabricación a fin de lograr beneficios similares de tal forma que los usuarios se vean también beneficiados.

Algunas de las técnicas y estrategias más utilizadas adaptadas favorablemente en otras industrias, especialmente en la aeronáutica, naval, automoción, química o farmacéutica, son:

- ERP: Sistemas de planificación de recursos
- Sistemas de diseño CAD (asistidos por computador) orientados a objetos.
- JIT: “Just in time” o producción en el mismo tiempo.
- DFMA: Diseño para la fabricación y el ensamblado.
- Diseño de prototipos y análisis de herramientas.
- Coordinación, inteligencia en campo. Optimización centralizada.
- Modelos de integración, PERA, SP95.
- Descripción utilizando XML
- IAM-CMM: Control Maintenance & Managament

Para conseguir unos beneficios similares a las industrias mencionadas, el sector de la construcción está actualmente estudiando y desarrollando aplicaciones relacionadas con éstos y otros conceptos y técnicas. El concepto de **prefabricación** está muy presente en estos desarrollos. Al querer mantener los beneficios que han tenido hasta ahora, y haber bajado la demanda y por consiguiente los ingresos, se deben reducir los costes, tanto fijos como variables.

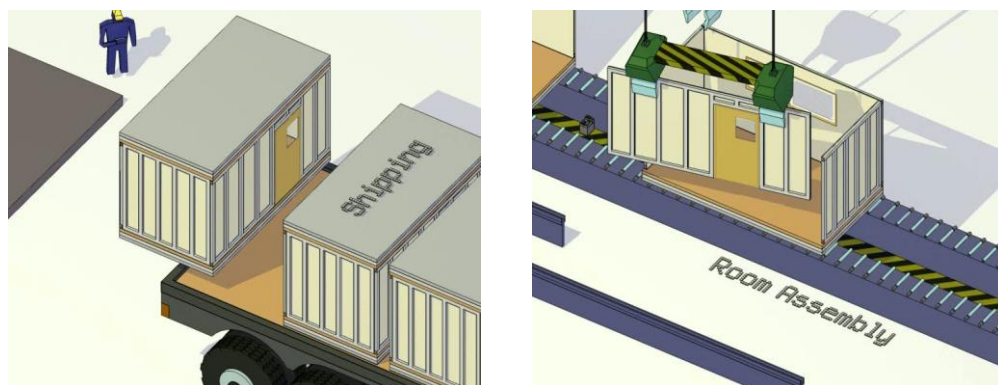


Figura I. 3: Concepto de prefabricación en la construcción

Como ya se explicara con mayor detalle, dentro del concepto de prefabricación en la construcción existen dos alternativas: la producción a pie de obra y la producción en fábricas. Dependiendo del proceso puede resultar más rentable una u otra. La principal diferencia radica en los costes de transporte, implementación, carga y descarga que pueden resultar decisivos.

Uno de los principales enfoques dentro de los intentos de industrialización, basado en la prefabricación, es la **automatización y robotización** de los procesos constructivos. Automatizar y robotizar los diferentes procesos, en el sector de la construcción, llevaría consigo una serie de ventajas:

- Menor dependencia de mano de obra directa. Más calidad, evitar repetitividad a los operarios, cualificación de mano de obra.
- Incremento de productividad. Aumento de velocidad de producción
- Mejora de la seguridad. Sistemas más seguros para el hombre.
- Incremento de la calidad. Reducción de la variabilidad.
- Ventajas competitivas. Reducción de costes de producción
- Mejor control del proceso. Mejor gestión de problemas.
- Mayor control del resultado final.
- Mejora de la flexibilidad. Sistemas multitarea.
- Evitar labores tediosas.
- Reducir daños al medio ambiente o a los equipos.
- Precios, productos y costos de producción son conocidos por todos los participantes, se reduce la especulación.
- Los consumidores seleccionan el mejor producto al mejor precio.
- Respuesta rápida a los requerimientos del mercado.

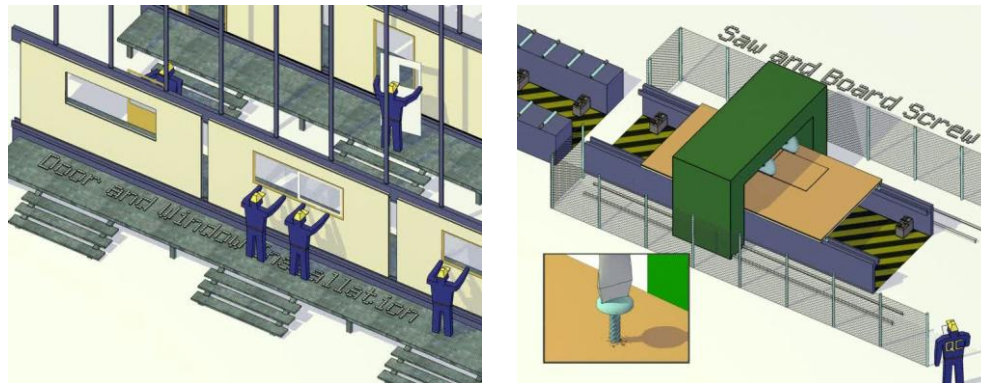


Figura I. 4: Factoría robotizada

Por tanto el desarrollo de factorías robotizadas ayuda a mejorar el proceso global en línea con las características comentadas, y son completamente compatibles con el desarrollo de conceptos de prefabricación de los elementos constructivos.

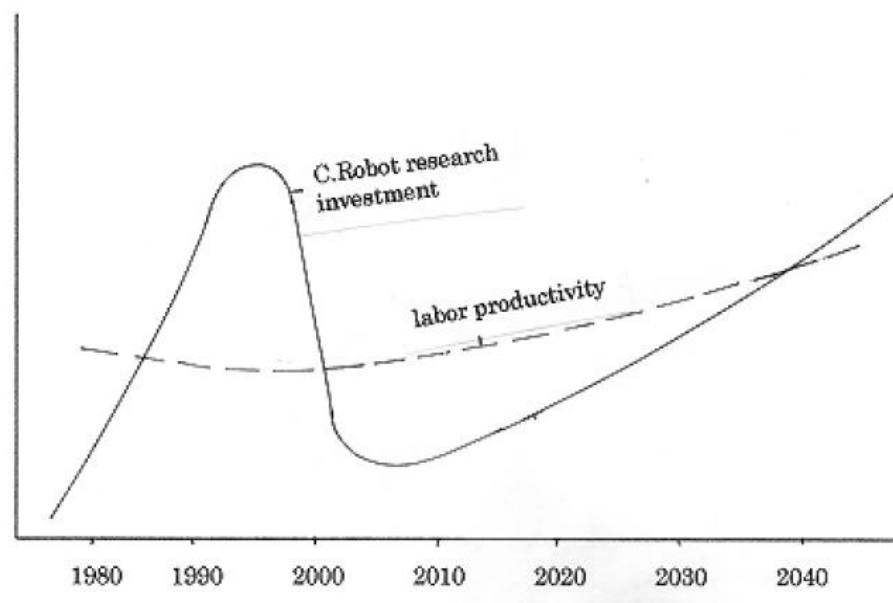


Figura I. 5: Comparación entre inversión en investigación robótica y productividad humana

Como se puede observar en la figura, en la productividad de la mano de obra no ha tenido lugar una variación muy alta desde hace ya varias décadas, ni tampoco se espera que aumente demasiado. Mientras que la inversión en investigación para la construcción robotizada tuvo un gran auge en los años 90 cayendo drásticamente el año 2000. A día de hoy, debido a las limitaciones anteriormente expuestas del sistema tradicional y a las nuevas mejoras tecnológicas la inversión en robótica para el sector está aumentando considerablemente.

1.2.2 Proyecto Manubuild

ManuBuild [2] es la visión de un futuro donde los clientes podrán comprar edificios de alta calidad, fabricados y diseñados con un alto grado de flexibilidad y de bajo costo en comparación con los de hoy en día. Por primera vez, el diseño de los edificios podrá ser de concepción variable, mientras que se enfoca la producción de forma industrializada, siendo esto último mucho más eficiente.

El presente proyecto fin de carrera se encuentra enmarcado dentro del proyecto de colaboración de investigación europeo MabuBuid, adscrito al sexto Programa Marco de la Comisión Europea, que tiene una duración de cuatro años (2005-2009). El proyecto describe un cambio en la filosofía y en la forma de concebir el proceso de la construcción. Este cambio, como ya hemos comentado, trata de modificar el enfoque actual, un proceso algo anticuado, por uno más integrado, abierto, eficiente y seguro, siendo la línea básica de trabajo la industrialización y automatización de todo el proceso.

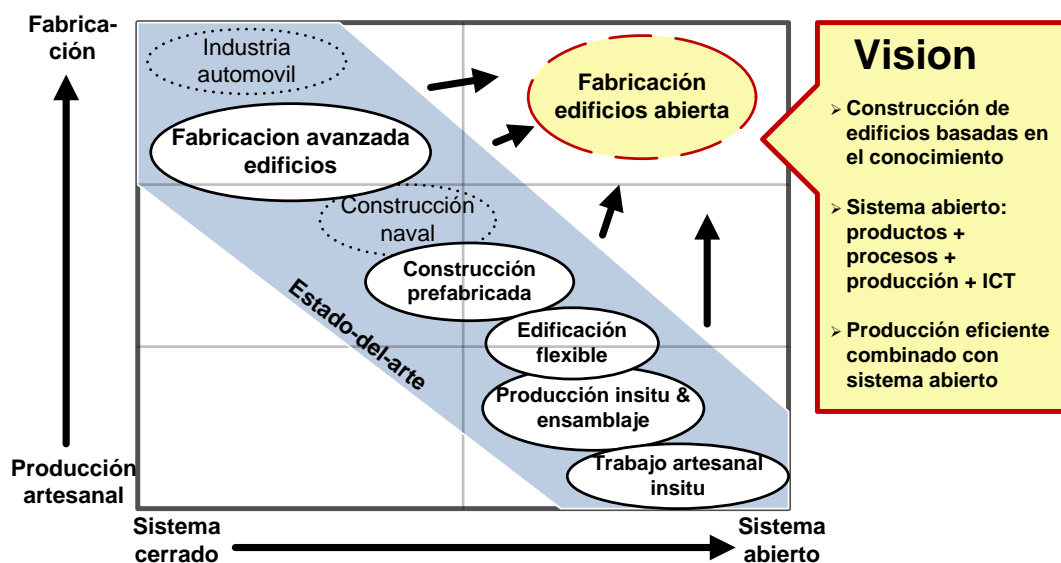


Figura I. 6: Grado de automatización en procesos industriales para diferentes sistemas

Se pretende que la base de este cambio sean también nuevos materiales, y tecnologías y componentes inteligentes. Los puntos principales incluyen una reducción significativa en el número de accidentes laborales, de residuos, de costos y de tiempo en la construcción de edificios. Esto permitirá a Europa mejorar su parque de viviendas, al tiempo que se liberan recursos que pueden ser asignados a otros sectores industriales.

Entre los diferentes participantes europeos cabe destacar algunos como la empresa metalúrgica inglesa CORUS (coordinadora del proyecto), la constructora y promotora sueca NCC, la promotora inglesa Taylor Woodrow o el Centro de Investigación Tecnológico VTT en Finlandia. Las empresas españolas involucradas en el proyecto son la constructora DRAGADOS, la Empresa Municipal de la Vivienda y el Suelo de Madrid EMVS, la constructora FCC, el centro tecnológico Labein y la Universidad Carlos III de Madrid.

1.2.2.1 Resumen del proyecto

El cambio de filosofía en la forma de concebir la producción de Manubuild se centra y desarrolla en la unión de cuatro características indispensables:

- Producción abierta en la construcción**, mayor innovación y mayor flexibilidad.
- Métodos de fabricación en un nuevo ambiente** (segmentación, automatización de los subprocesos, fabricación a distancia, componentes transportables, ensamblado en el propio lugar de preparación, etc.).
- Nuevos procesos de negocio que se centran en el aumento del valor.**
- Mediante **las Tecnologías de Información y Comunicación (ICT)** se apoya a los procesos de negocio de forma adecuada para conseguir obtener edificios personalizados, flexibles, accesibles y sostenibles, mejorando la calidad de vida de vida del usuario y ofreciéndole mayor valor mediante servicios relevantes.

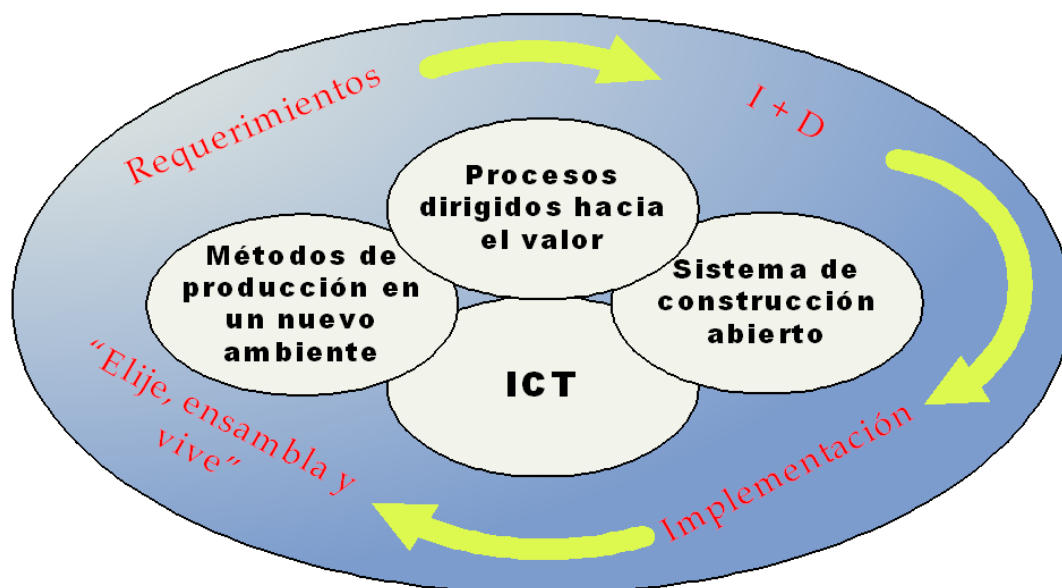


Figura I. 7: Enfoque del proyecto ManuBuild

El objetivo industrial es, por tanto, crear un sistema de fabricación de edificios abierto, estableciendo un nuevo paradigma en la producción de edificios mediante la combinación de la producción eficiente en las fábricas y en obra, y estableciendo un sistema abierto de componentes y productos que aseguren la diversidad de proveedores en un mercado abierto. Como se puede observar en la imagen anterior, la forma de actuar es la siguiente:

- Se parte de unos requerimientos del usuario mediante encuestas por Internet y nuevas tecnologías. De esa forma establecemos un modelo desde los distintos patrones, y según su índice de importancia para el usuario. El modelo estará limitado por las características de producción.
- Mediante un proceso de investigación y desarrollo se obtiene un sistema capaz de obtener el modelo final, que será el obtenido con las especificaciones técnicas del sistema real, quiere decirse que pueda ser desarrollado físicamente en la realidad. Mediante estas nuevas tecnologías, se puede variar la fabricación adaptándola a la demanda. De esta forma se obtiene un sistema flexible que se adecua rápidamente a las necesidades de mercado.
- De esta forma se obtiene el modelo “Elige, Ensambla y vive”, un eslogan en el que se reflejan las características fundamentales de la nueva percepción en la construcción de edificios. Viviendas personalizadas, flexibles y que proporcionan gran calidad de vida.

Los resultados se validarán y demostrarán en varios proyectos de edificación desarrollados por socios industriales en colaboración con varios ayuntamientos. Para el desarrollo del proyecto se estima un presupuesto de más de 18 millones de euros. Algunos de los impactos potenciales que pretende alcanzar el proyecto son:

- Reducción de costes en más de un 50%.
- Reducción de tiempos en más del 70%.
- Reducción de accidentes laborales en un 90% y mejora de la satisfacción laboral.
- Nuevas oportunidades de negocio.
- Reducción de residuos.
- Mayor valor a los usuarios.

Los elementos clave del sistema abierto de fabricación y construcción que propone ManuBuild incluyen los conceptos de construcción abierta, los procesos de negocio, las tecnologías de producción, y el apoyo de tecnologías de información y comunicación (ICT), como se observa en la siguiente figura.

El enfoque integrado de las actividades de I+D+i se basa en la búsqueda y desarrollo de cuatro objetivos técnicos y científicos, que persiguen la creación del sistema de construcción abierta de la manera que vemos en la siguiente figura, y se explican a continuación:

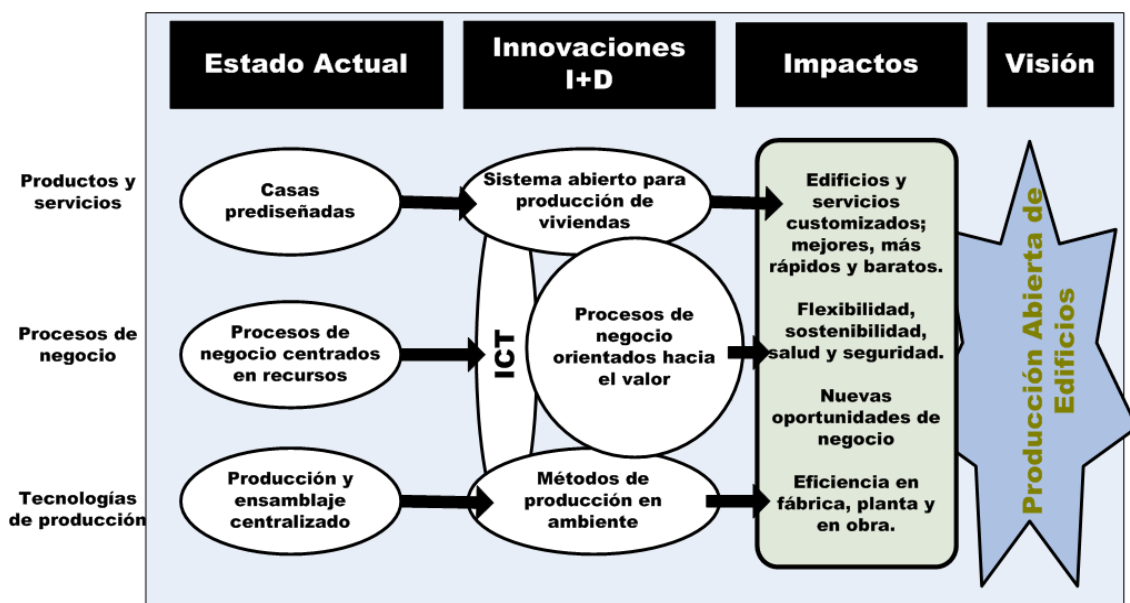


Figura I. 8: Transformación del modelo de la construcción

1.2.2.2 Mobile Factory

Como ya se ha podido comprobar cada vez resulta más cómodo, eficaz y rentable aplicar un enfoque diferente del actual en el sector de la construcción. Este cambio consiste en realizar un proceso más industrializado e integrado, tal como se procede en otros sectores como el de la automoción o el aeronáutico. En dichos sectores se ha conseguido una gran productividad gracias sobre todo a conceptos como la estandarización de los componentes del proceso o de planificación y diseño integrado del proceso, también ha tenido cierta importancia la cuestión de reducción de desperdicios. Sin embargo el concepto de prefabricación es clave para avanzar en la industrialización de los procesos y presente en todos los principios anteriormente expuestos.



Figura I. 9: Fabricación en factorías y transporte

En el sector de la construcción, las aplicaciones de prefabricación en industrias están poniendo típicamente de manifiesto que uno de los factores clave para desarrollar estas técnicas es el coste de transporte, de implantación, carga, descarga y montaje de las instalaciones necesarias en la obra. Estos costes son uno de los mayores déficits que se plantea frente a otros métodos alternativos. A la hora de evaluar los costes de transporte son factores importantes: el valor de la mercancía, el coeficiente de transporte (no transportar aire), y la cantidad.

Muchas veces, el coste de carga, transporte y descarga de unidades prefabricadas es tan alto, que no resulta beneficioso frente al método tradicional. Conviene entonces estudiar posibles mejoras en este apartado, como puede ser disponer de un equipo propio de traslado y conseguir que el proceso de descarga y montaje de los equipos sea ágil y fluido mediante procesos semi-automatizados.

Si continua no siendo rentable la aplicación de la prefabricación en industrias se tiende a implantar una factoría temporal en la obra. De esta forma una vez montados los equipos solo se deberá suministrar materia para producir unidades a pie de campo, y consiguiendo desarrollar ventajas derivadas de la automatización y robotización de procesos, consiguiéndose un mayor grado de industrialización del proceso constructivo.



Figura I. 10: Factoría móvil

Una factoría móvil sería un desarrollo intermedio entre la fabricación tradicional y el uso de talleres temporales en obra, una factoría que se transporta, monta, usa y desmonta fácilmente y presenta flexibilidad en cuanto a los procesos que es capaz de realizar. Cuenta con las mismas posibilidades que una factoría temporal en obra y además conlleva adaptaciones y ventajas para adaptarse al trabajo de campo.

Esta factoría aglutinaría por tanto las ventajas de la robotización y las posibles derivadas de las características logísticas del proyecto en cuestión como las propiamente señaladas de una factoría temporal en obra, como son la productividad y rentabilidad de los equipos. Se compone básicamente de una célula robótica transportada en un camión estándar, y diseñada para procesos concretos dentro del trabajo a pie de obra. Esta célula robótica dispondría del software y hardware complementario diseñado específicamente para que se garantice una automatización del proceso, tanto a la hora de desarrollar los productos finales como en el suministro y recogida del material final.

Las características técnicas de esta factoría dependen de multitud de factores. Una primera clasificación a tener en cuenta en el desarrollo es la que se refiere a las tareas que se podrán realizar.

Las tareas más típicas que puede desarrollar un sistema automático son:

- Suministro y recogida de material.
- Ensamblado: tareas simples y complejas.
- Procesos de fabricación: corte, taladrado....
- Manipulación de materiales: de diferentes pesos y tipos.
- Distribución de materiales: con o sin tratamiento.
- Preparación: para otras tareas, como el tratamiento.
- Acabados: para dotar de ciertas características al producto.
- Inspección: para verificar propiedades.

Además, existen otros factores a tener en cuenta a la hora de generar un desarrollo de este tipo, como por ejemplo:

- La arquitectura del sistema: una máquina, complejo, etc.
- Flexibilidad del sistema: Multitareas o máquinas especializadas.
- Movilidad: Sistemas fijos o móviles.
- Autonomía: Sistemas autónomos, controlados, o mixtos.
- Sistema de control: inexistente, lazo abierto o lazo cerrado (realimentación).
- Monitorización y visualización del proceso: SCADA.

Teniendo en mente todos estos factores, se introduce el concepto de la Factorial Móvil. Este Proyecto Fin De Carrera persigue diseñar, configurar e integrar una posible Factoría Móvil en lo que se refiere a diseños software y hardware, selección de herramientas, componentes y tareas, etc., para estar dotada de las principales características expuestas con anterioridad.

Con todo ello se tiene el diseño de una célula genérica, mostrada en siguiente figura, concebida como parte del proyecto Manubuild, en la que se observa el despliegue del contenedor de la factoría, sus dimensiones y principales características.

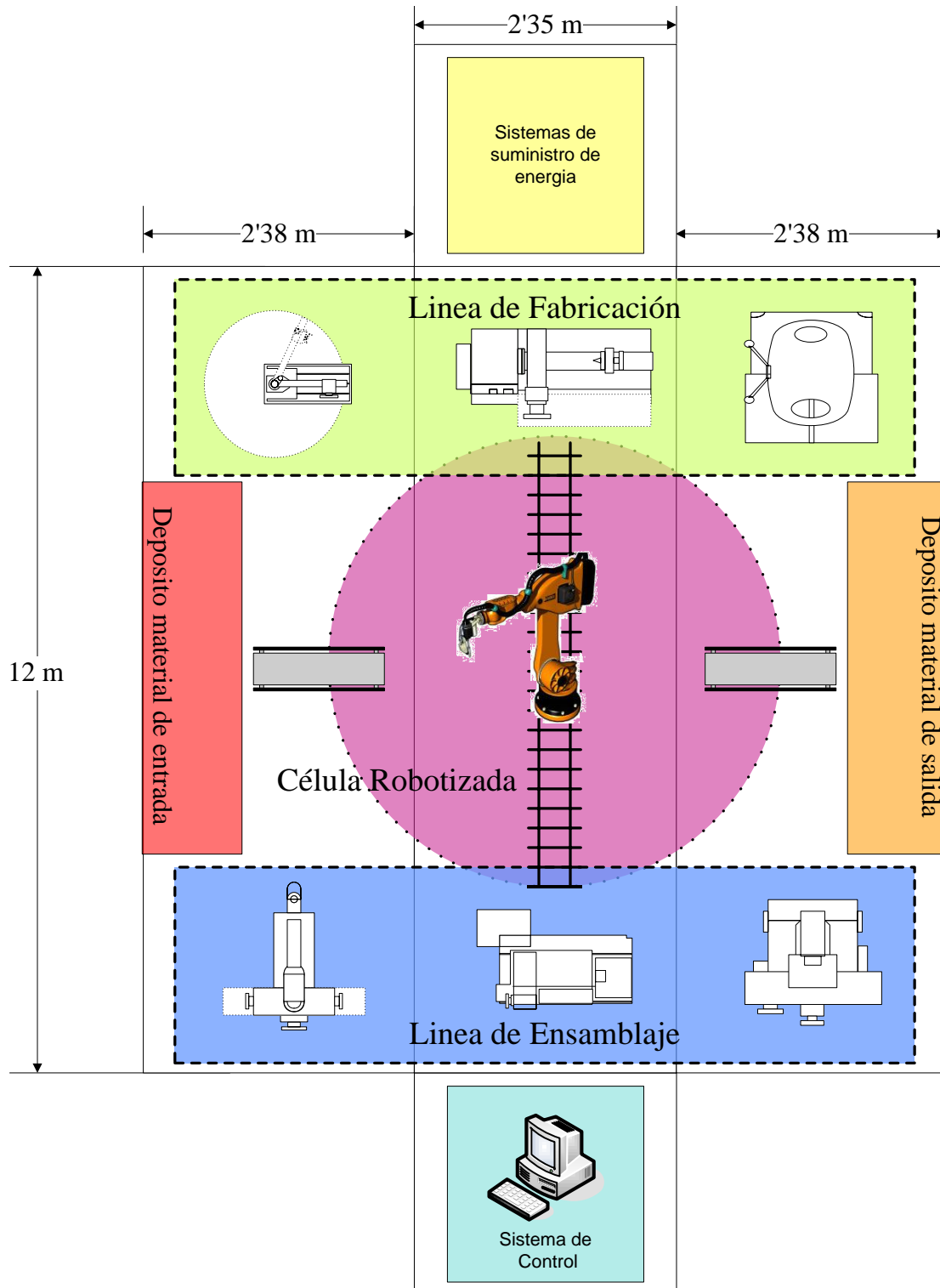


Figura I. 11: Dimensiones del contenedor del camión

Como vemos, sus dimensiones principales son:

- Longitud: Contenedor cerrado → 6000 mm. Abierto → 10760 ó 12000 mm
- Anchura: Cerrado → 2350 mm. Abierto → 4730 ó 7110 mm.
- Altura: 2380 mm desde la base del contenedor.
- Área de operación: desde 28.38 hasta 76.5 m².

Las variaciones en las dimensiones se refieren a la posibilidad de abrir dos, tres o las cuatro hojas.

Las distintas áreas de la célula son:

- 2 zonas de procesos. Una primera aproximación a la arquitectura del proceso es dividir el proceso de producción en dos líneas, una línea de fabricación y otra línea de montaje:
 - Zona o Línea de Fabricado (“Manufacturing Line”). A pesar de que la célula de producción esta principalmente orientada al montaje de piezas prefabricadas es necesario un pre-proceso auxiliar en algunos componentes antes de la integración definitiva.
 - Zona o Línea de Ensamblaje (“Assembly Line”). Aquí se desarrollaran los procesos de montaje y ensamblado finales, combinándose diferentes elementos posibles, elementos pre-ensamblados y material proveniente del almacén de material.
- 2 zonas de almacén de productos (“Warehouse Material”). Se pretende desarrollar un sistema de distribución automatizada tanto de material de suministro como de salida de productos terminados.
- 1 robot-manipulador industrial.
- 4 posibles zonas de almacén de herramientas (“Tool warehouse areas”) situadas dentro de la célula robotizada que deben ser muy accesibles al robot.

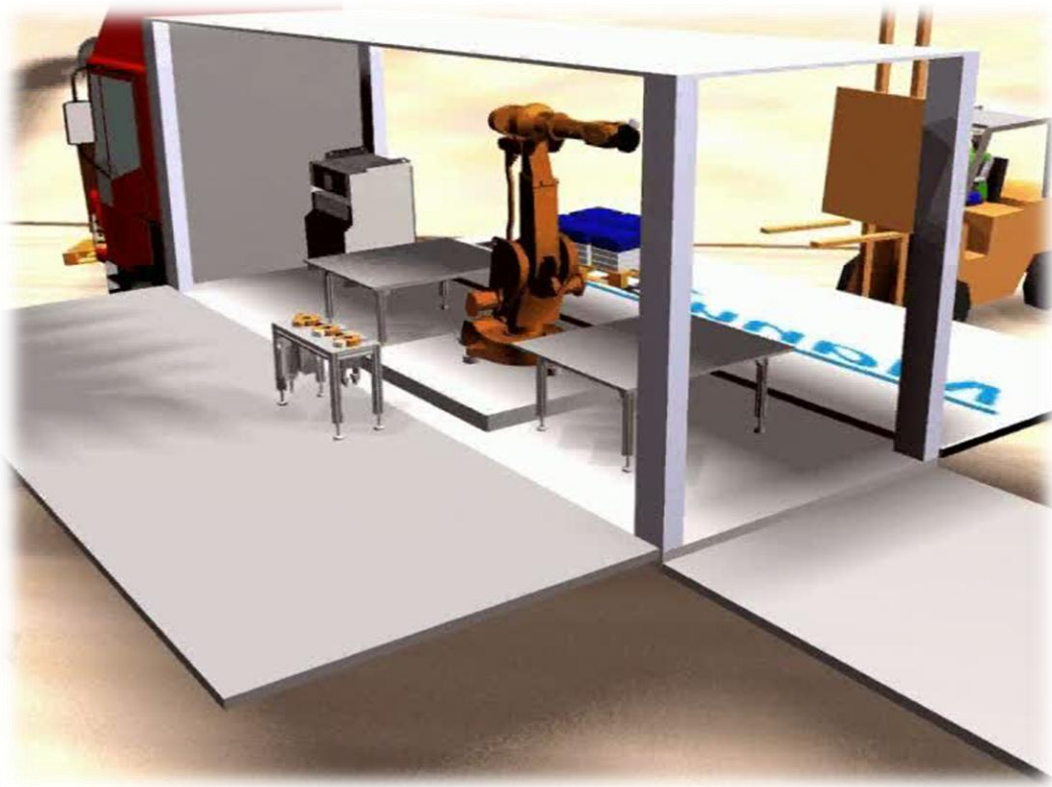


Figura I. 12: Aproximación de una posible célula de la factoría móvil real

Este diseño general nos permite cumplir las restricciones principales. En resumen, el compendio de ventajas que se obtienen al utilizar la factoría móvil en el proceso constructivo se pueden clasificar en:

- **Tiempo:** Se optimiza el uso del tiempo, utilizando menos tiempo en realizar tareas y procesos. Se posibilita la opción de un trabajo continuado. Se reduce el volumen de los materiales que se transportan a la obra.
- **Económicas:** Se reducen los gastos de transporte, incluyendo amplias posibilidades de planificación logística. Se reduce el volumen de los materiales transportados. Se reducen los tiempos y costos de montaje y desmontaje de los equipos. Se reduce las ineficiencias y pérdidas de material.
- **Calidad:** Se aumenta el rendimiento del proceso y la precisión de las tareas. Una buena planificación ayudaría a reducir la cantidad de materiales y de mediciones necesarias.

- **Flexibilidad:** La célula debe controlarse remotamente estando preparada para poder acometer y desarrollar un nº limitado y preestablecido de procesos.
- **Productividad:** Inversamente proporcional al tiempo utilizado, al automatizar todo el proceso podremos realizar mayor cantidad de componentes con los mismos costes fijos, y reduciendo los costes variables.

Como se observa, puede resultar muy rentable realizar procesos en la construcción mediante nuevas tecnologías, y mediante nuevos caminos para enfocar los diferentes procesos. Esto es la compatibilización de la segmentación e integración, de tal forma que los diferentes módulos de trabajo de factorías móviles trabajen de coordinada y complementaria.

El resultado final a primera vista son mayoritariamente ventajas, mejor aprovechamiento de los recursos, rentabilidad económica, mayor productividad en menos tiempo y sobre todo mejora en la calidad del producto final. También existen otras ventajas derivadas, como pueda ser mayor flexibilidad en la distribución de las viviendas o mejorar considerablemente las posibilidades de reforma o modificación por avería de componentes estructurales. La mayor desventaja a todas luces, es el desembolso inicial para acometer el proyecto, ya que es necesario estudiar inicialmente los procesos en que se divide la construcción de las viviendas, y luego llevarlos a cabo mediante productos altamente tecnológicos. También se produce un gran escepticismo en el sector hasta que se puedan obtener los primeros resultados.

1.2.2.3 Sistema Service Core

Uno de los productos que pretende producir, en línea con la filosofía del proyecto ManuBuild y las tendencias de industrialización en la construcción, es el **Service Core**, un módulo vertical de instalaciones que se explica más detalladamente en el siguiente apartado. Otra aplicación de la factoría móvil será diferentes mecanizados de baldosas, azulejos, tejas o ladrillos para el uso en diferentes partes de las edificaciones.

En la construcción tradicional, como se ha comentado anteriormente, la realización de las instalaciones se efectúa mediante rozas en los tabiques ya construidos, lo que produce escombros, fisuras y otras ineficiencias como la dificultad de registro y mantenimiento. La utilización de patinillos que concentran las instalaciones verticales mejora el proceso, evitando la generación de escombros y mejorando la accesibilidad y posibilidad de mantenimiento, pero comparte el problema de la difícil coordinación con otros procesos como la albañilería.

Es por eso que surge la idea de realizar instalaciones incluidas en módulos prefabricados, llamados núcleos de servicio o Service Core. Estos módulos se realizan de forma manual y se plantea su fabricación para mejorar el proceso de puesta en obra. A continuación se introduce y se explica el concepto de Service Core, lo que nos ayudará a familiarizarnos con sus componentes y características.

Definición

El producto que planteamos para una posible fabricación mediante el concepto de Mobile Factory es el denominado como Service Core. Este producto es un módulo prefabricado de aguas, es decir, un núcleo de instalaciones verticales que transporta todas las bajadas de agua de un edificio, como pueden ser el sistema de agua caliente sanitaria (ACS) y agua fría, desagües, calefacción, etc. Un módulo comprende el tramo de instalaciones que corresponde a una planta y/o vivienda. El conjunto o unión de todos los módulos es lo que se denomina Service Core.

El Service Core se diseña para ser incluido en un módulo compartido por las cocinas y baños de las viviendas, lo que facilitaría la puesta en obra y el futuro mantenimiento, ya que se podrían localizar y reparar las averías mucho más rápidamente o a la hora de realizar modificaciones en la estructura de la vivienda. Para aportar la debida flexibilidad el Service Core debe tener en cuenta diferentes materiales, diferentes configuraciones y diferentes tipos de instalaciones.

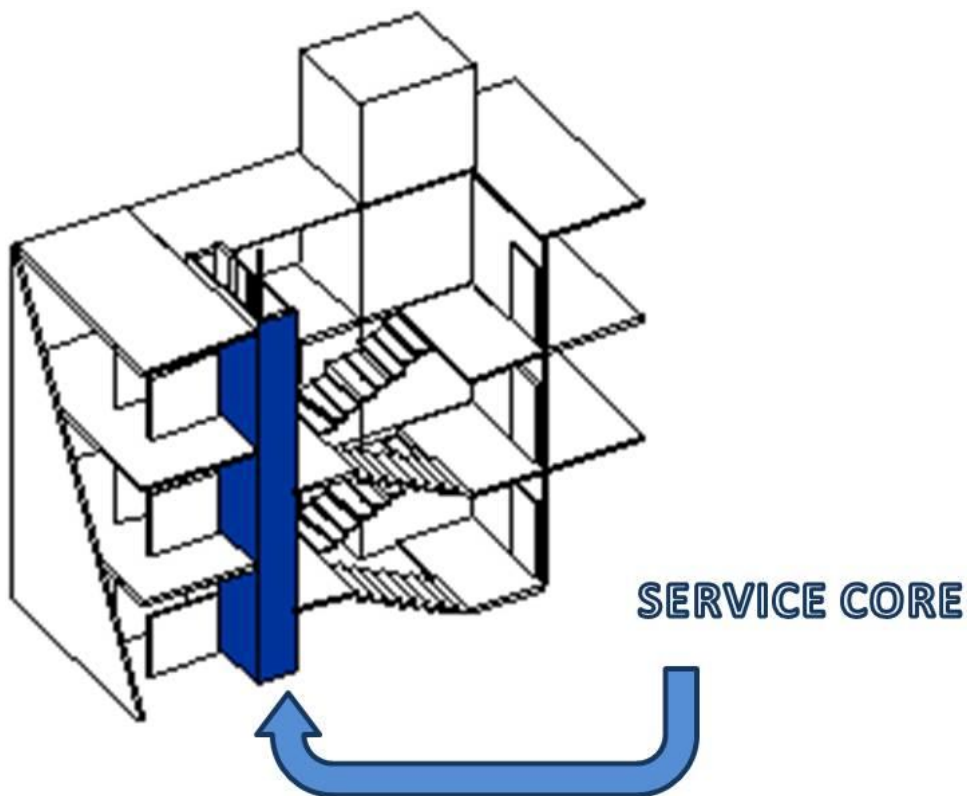


Figura I. 13: Vista general de un Service Core completo

El módulo se puede adaptar a cualquier tipo de instalaciones de agua, y se trata pues de un método de fabricación válido de acuerdo con el diseño realizado, que será específico para cada edificio teniendo en cuenta sus requerimientos, gracias al uso de técnicas de diseño como CAD/CAE, DFMA, etc.

Objetivo

El objetivo principal del Service Core es hacer más sencilla, rápida, segura y de más calidad la puesta en obra de las instalaciones citadas, así como la calidad de los componentes usados en el proceso y la eficiencia y precisión del proceso mismo. También como en cualquier proceso debe ser rentable, algo difícil de apreciar en dichos módulos pero que sin duda se consigue, para ello este desarrollo debe situarse dentro del contexto de una construcción industrializada.

La consecución de este objetivo se basa en cuatro aspectos básicos:

- El módulo se debe construir por tramos de planta. De esta manera el módulo se fabricaría en un taller, factoría fija o móvil, y después sería transportado y/o colocado en su lugar correspondiente en la obra. Para su colocación sólo se requeriría conectarlo al módulo de la planta inferior de manera que toda la instalación vertical quede unida al final. Así se facilita el control de los trabajos, se mejora la calidad en la fabricación y se reduce la mano de obra en el trabajo, se aumenta la calidad final, la fiabilidad del producto y la productividad total. También se gana en agilidad y calidad al disponer de mano de obra especializada que se dedique únicamente al proceso de montaje de los módulos y se consiguen mejoras de salubridad al ser un proceso más limpio y seguro.
- Cada módulo se compone de un bastidor metálico de soporte, de forma que se monta con independencia de los tabiques y fábricas de ladrillo. Por ello, la instalación de estos módulos no depende de los trabajos de albañilería, con lo que se mejora la coordinación de procesos y se flexibiliza la planificación de la obra.
- La composición de los módulos independiente de la tabiquería, hace que sean muy fácilmente registrables por sus frentes, lo que facilita enormemente el mantenimiento de las instalaciones incluidas y la localización de un módulo en posibles averías. También hace muy fácil su montaje a pie de obra proporcionándole una mayor rapidez y seguridad en su finalización.
- Un grado aún mayor de industrialización se obtiene al combinar la fabricación de los módulos en talleres y factorías móviles, con lo que se evitan los gastos de transporte de los módulos desde una factoría externa, y minimiza los costes de instalación y desmantelamiento del taller a pie de obra. Además facilita el uso de técnicas JIT (producción justo a tiempo) lo que conlleva los consecuentes ahorros en tiempo y costes en la logística.

Esquema básico y componentes de un Service Core

En este apartado se define el sistema de útiles o piezas físicas que se utilizarían de forma genérica en un módulo Service Core, indicando las directrices o características principales que deben cumplir y proporcionar los diversos materiales a utilizar.

El Service Core se compone de un bastidor o marco metálico al que se fijan todas las tuberías y desagües pertinentes en los cuartos húmedos. El diseño preliminar del módulo junto con el trazado del bastidor y un modelo real se muestran en las siguientes figuras:



Figura I. 14: ServiceCore 3D y posible modelo real

A continuación se muestra una lista descriptiva inicial de los posibles componentes que se podrían integrar en un Service Core:

- **Estructura:** Se trata de una estructura-bastidor metálica ligera usada para soportar todas las instalaciones pertinentes. Los criterios utilizados a la hora de la elección de materiales deben ser el peso y la forma adecuada. Un ejemplo de estructura podría ser el sistema “Quick Frame” de la compañía 80/20 Inc. (EEUU).

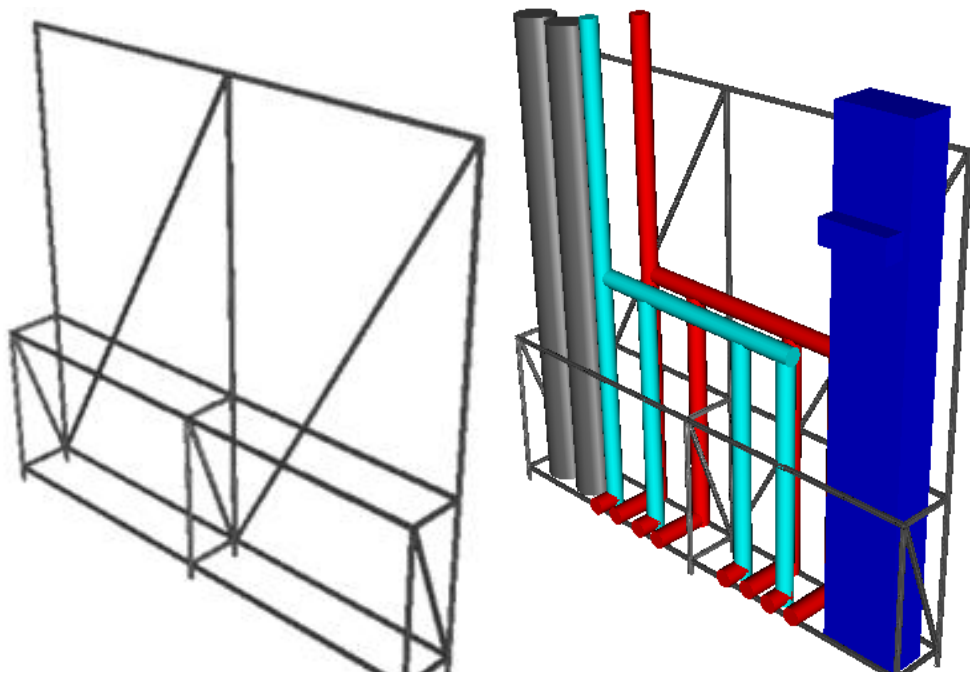


Figura I. 15: Canalización de aguas sanitarias

- **Sistema de canalización de aguas:** Como se observa en la figura el sistema de distribución de aguas sanitaria comprende diferentes elementos.

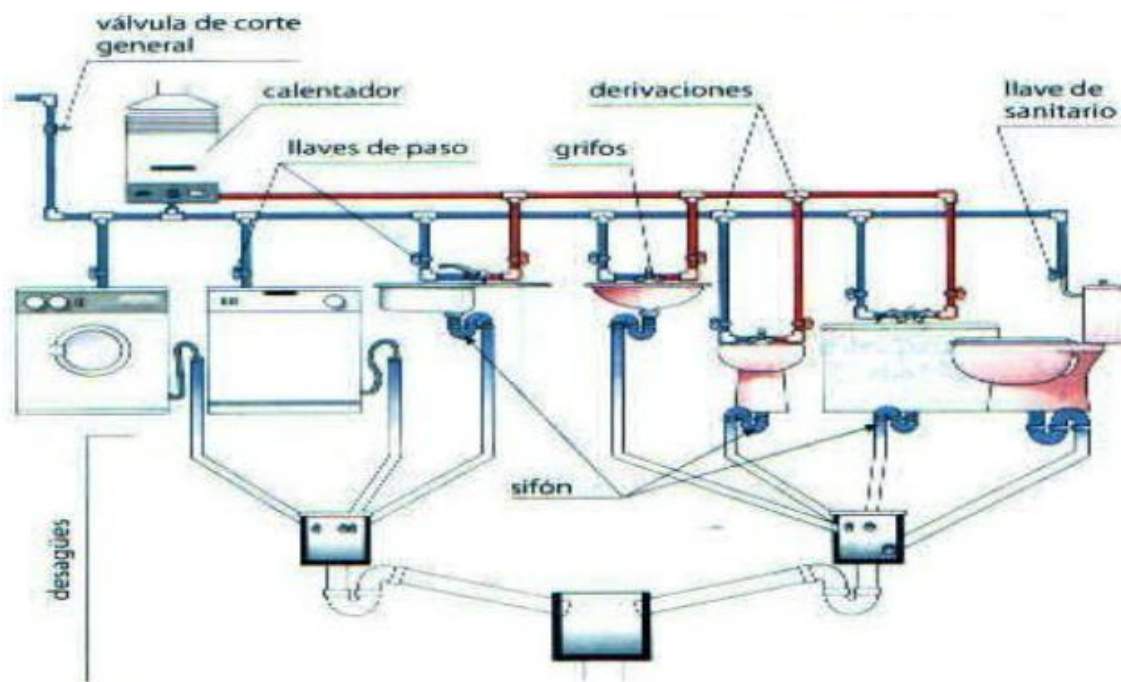


Figura I. 16: Esquema de un sistema de distribución de aguas sanitarias

Se trata del entramado de canalización tanto de agua sanitaria como de la de desagües. Tuberías, racores (codos, té...etc.) y elementos para la conexión de toda la canalización de aguas a la estructura anteriormente comentada. Los elementos y materiales principales para este sistema son:

- **Conductos de agua de desagüe:** Hay diferentes opciones que satisfacen las características generales que se precisan.
- **Canalización de agua fría y caliente sanitaria:** El Service Core incluye las instalaciones de distribución de agua fría y caliente.
- **Fijaciones, cierres, etc:**

Todas las estructuras se fijarán al bastidor metálico del Service Core. El sistema a usar para fijar las instalaciones al marco dependerá del peso del material, el diámetro de los tubos y la dificultad de ensamblaje. Por tanto, las herramientas y métodos de fijación a usar dependerán de los materiales elegidos. Sin embargo no se debe de perder la perspectiva de que cualquier sistema a utilizar debe ser valido o integrable en un proceso automatizado.



Figura I. 17: Fijación rápida

Todos los materiales comentados y otras posibilidades deben elegirse de acuerdo con los métodos de ensamblado requeridos para una fácil automatización. Por ejemplo, un método de ensamblaje muy sencillo que se puede usar es la unión por junta elástica o “elastic seal”. Otro ejemplo sería la unión de toda la canalización a la estructura mediante abrazaderas push-fit, de presión.

Demostración

Para su demostración, el Service Core se instalará en el edificio demostrador que se construirá en Madrid como un desarrollo dentro del proyecto ManuBuild.

El desarrollo de este módulo constituirá un sistema constructivo que persigue la industrialización de la fabricación y puesta en obra del núcleo vertical de instalaciones de agua. Así se conseguirá un proceso con menores tiempos, mejores condiciones de trabajo y mejor calidad final del producto, así como se facilitará la coordinación con el resto de trabajos de la obra.

El concepto de Service Core no tiene nada que ver con el diseño tradicional de los servicios. Los módulos se construyen durante el proyecto, incorporando los servicios definidos. La conjunción de la fabricación del Service Core con la filosofía de la Mobile Factory lleva a un grado aún mayor de industrialización del proceso.

1.3 Objetivos

El objetivo global de este proyecto, al formar parte del proyecto Manubuild, es apoyar, promover y desarrollar la industrialización del sector de la construcción. Dicho sector está bastante retrasado, tanto conceptualmente como en desarrollo tecnológico e integración. A día de hoy se está empezando a estudiar intensivamente técnicas y modus operandi para automatizar diferentes procesos. De esta forma se pretende que el presente Proyecto asiente las bases para futuros trabajos de investigación en estos temas, consiguiendo una evolución.

El objetivo principal del presente Proyecto Fin de Carrera es diseñar una célula robotizada dedicada a desarrollar en ella distintos procesos de mecanizado y ensamblado del sector. El desarrollo de este prototipo permitirá acercar la automatización e industrialización a los procesos indicados a este sector.

Para el óptimo desarrollo de esta célula de fabricación flexible deben conseguirse previamente una serie de objetivos secundarios que conjuntamente harán posible el funcionamiento de la misma. Estos objetivos secundarios son:

- Diseño e integración hardware que permita un funcionamiento adaptado a las nuevas técnicas pretendidas. De esta forma, el principal objetivo hardware será el desarrollo de un sistema robótico con la integración de herramientas para usos de mecanizado, manipulación y ensamblado de diferentes elementos. Otro objetivo, será la concepción y obtención de materiales que satisfacen la idea de procesos automatizados.
- Diseñar e implementar sistemas software que permitan un uso flexible de los elementos físicos disponibles en la célula robotizada. Contribuir directamente al uso de sistemas virtuales para el desarrollo previo de los procesos automatizados. Realizar una estación virtual en CAD similar a la real para su posterior uso en programas virtuales robóticos.

1.4 Alcance del proyecto

La célula de fabricación flexible robotizada, es el resultado de un trabajo en equipo, formado por dos estudiantes de Ingeniería Técnica Industrial, cuyos Proyectos Finales de Carrera comprenden todos los aspectos necesarios para su diseño y puesta en marcha. Dichos proyectos son la Parte 1 y la Parte 2 de un mismo proyecto llamado “*DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE ROBOTIZADA*”. De todos los diseños, tanto hardware como software, necesarios para el desarrollo de dicha célula robotizada, el presente Proyecto Fin de Carrera (Parte 2) ha realizado los siguientes:

- Diseños hardware:
 - Diseño de una herramienta mecánica de agarre para la manipulación y ensamblado de elementos.
 - Diseño de una herramienta de mecanizado para procesos de corte y taladrado.
 - Diseño de las estructuras mecánicas de las áreas de trabajo y almacén.
 - Diseño de sistemas auxiliares para la ejecución de los procesos realizados.
- Diseños software:
 - Diseño de los modelos CAD de todos los diseños hardware realizados en este Proyecto Fin de Carrera.
 - Diseño de una célula robotizada virtual para la simulación de los procesos siguientes:
 - Diseño del proceso de ensamblado del sistema de saneamiento del módulo de aguas.
 - Diseño de un proceso de mecanizado de baldosas.

Además, como ya se ha dicho, en el presente Proyecto Fin de Carrera ha realizado la puesta en marcha de la célula robotizada, para lo cual, se han implementado todos los diseños hardware enumerados anteriormente, y se ha verificado el correcto funcionamiento de los procesos diseñados y del sistema completo. Todos estos diseños están descritos en el Capítulo, así como la descripción de la puesta en marcha se realiza en el Capítulo VI.



II. ESTADO DEL ARTE EN PROCESOS ROBOTIZADOS DE MECANIZADO Y ENSAMBLADO

2.1 Robótica y automatización

2.1.1 Ideas Generales

Robótica y automatización [3] son disciplinas surgidas en diferentes épocas. La automatización consigue un proceso de mecanización de las actividades industriales para reducir la mano de obra y simplificar el trabajo. De esta forma algunas maquinas realizan las operaciones de manera automática; lo que conlleva un proceso más rápido y eficiente. La robótica nace en décadas recientes para complementarse con la automatización, aportándole como elemento innovador cierto grado de inteligencia.

Con la automatización, al darse una mayor eficiencia, se logra disminuir la producción de piezas defectuosas, y por tanto aumentar una mayor calidad en los productos que se logran mediante la exactitud de las maquinas automatizadas. Todo esto ayuda a que la empresa industrial aumente toda su competitividad en un porcentaje considerable mediante la utilización de inversiones tecnológicas. De no realizarse, la empresa puede sufrir el riesgo de quedarse rezagado con respecto a toda su competencia,

El principal papel de los robots es articular diferentes máquinas y funciones productivas; transporte, manejo de materiales, maquinado, carga y descarga, etc. mediante su capacidad para desempeñar diversas tareas u operaciones. El robot industrial es el elemento más visible de la fabricación asistida por computador y como la base técnica para la mayor automatización de la producción. El desarrollo de los robots está estrechamente relacionado con el de las otras tecnologías de la automatización comprendidas por el concepto CAD-CAM (manufactura y diseño asistido por computador. El robot industrial contribuye de manera decisiva a la automatización en los procesos de fabricación de series de mediana y pequeña escala y de lotes variados y/o discontinuos.

La robótica es un área interdisciplinaria formada por la ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica y sistemas computacionales. Este concepto de unión de estas disciplinas se entiende como mecatrónica.

La mecánica comprende tres aspectos: diseño mecánico de la máquina, análisis estático y análisis dinámico. La microelectrónica le permite al robot transmitir la información que se le entrega, coordinando impulsos eléctricos que hacen que el robot realice los movimientos requeridos por la tarea. La informática provee de los programas necesarios para lograr el control y coordinación mecánica requerida en los movimientos del robot, dar un cierto grado de inteligencia a la máquina, es decir adaptabilidad, autonomía y capacidad interpretativa y correctiva. También se puede dotar al robot de un cierto grado de sonorización o y percepción del exterior.

2.1.2 Tipos de automatización industrial

- **Automatización fija:** Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por lo tanto es adecuada para diseñar equipos especializados para procesar productos o componentes de éstos con alto rendimiento y elevadas tasas de producción.
- **Programable.** Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de productos a obtener. En este caso, el equipo de producción está diseñado para ser adaptable a variaciones en la configuración del producto. Esta característica de adaptabilidad se logra haciendo funcionar el equipo bajo el control de un programa de instrucciones para el producto dado. La producción se obtiene por lotes.
- **Flexible.** Es una categoría situada entre las dos anteriores. Se ha comprobado que es más adecuada para el rango medio de producción. Con este tipo de automatización pueden obtenerse simultáneamente varios tipos de producto, en el mismo sistema de fabricación.

2.1.3 Concepto de célula de fabricación flexible

El concepto de fabricación flexible se ha desarrollado simultáneamente con el desarrollo de tecnología informática en las áreas de diseño y fabricación de piezas, así como la tecnología de control de servo-mecanismos. Cabe recordar que la fabricación de piezas mecánicas sometidas a varios procesos involucra complejos sistemas de control y producción, tales como proveer materias primas o materiales y órdenes de trabajo, entre otros. Uno de los principales problemas consiste en el cambio y ajuste de herramientas de trabajo, lo que evidentemente imposibilitaba poder obtener altos índices de productividad debido a los tiempos de recambio de piezas, cambios de formato de máquinas, ajuste y reprogramación de proceso de máquina.

Con la llegada de nuevos sistemas de control, gracias a los avances de la informática, se ha realizado una mejoría en la eficiencia de fabricación, desde el diseño del producto, maquinaria y herramienta, planeación del proceso, disponibilidad de materiales, control de la producción, automatización, etc. Una manufactura flexible puede definirse como: la conjunción de tecnología, esfuerzo humano y forma de vida, integrado indudablemente por un equipo seleccionado de alta tecnología. Cuya finalidad es responder a cualquier cambio que se presente precisamente de forma flexible, es decir adaptándose al cambio rápidamente. El brazo robotizado, constituye un elemento de gran importancia en un sistema automatizado tipo “*Flexible Manufacturing. System*” (FMS), ya que es uno de los elementos encargado para las operaciones que requieren de mucha exactitud. Cada día puede realizar mayor cantidad de acciones debido a sistemas específicos para cambio e integración de todo tipo de herramientas, lo que ha producido la sustitución de muchos elementos de automatización rígida y máquinas de control numérico.

El esquema de una célula robotizada integra una selección, definición, situación y diseño de los distintos elementos de la célula. Dichos elementos pueden ser activos (robots, máquinas de CNC, etc.) o elementos pasivos (mesas, alimentadores, utillajes, etc.). La definición del proceso (normalmente iterativo) que desarrolla una célula robotizada se realiza mediante ayudas de sistemas CAD, utilización de simuladores virtuales del robot y simuladores FMS. El robot se puede encontrar en el centro de la célula o en línea y puede permanecer enclavado o en movimiento (sobre una vía).

2.1.4 Necesidad de un sistema robotizado

Como hemos observado en ciertos ambientes industriales un robot resulta mucho más rentable y productivo que otras posibles medidas. A continuación se hará un análisis de la necesidad de instalación de un robot y los aspectos a considerar en su factibilidad. Para considerar la factibilidad de su instalación deben plantearse una serie de cuestiones:

¿Cuál es la producción anual de piezas? Cuando se deben producir elementos variados, estos deben ser de características similares y la producción de cada lote como mínimo debe ocupar un período de tiempo razonable.

¿Puede haber un buen abastecimiento? Para la obtención de un correcto flujo automático de material se deben almacenar piezas antes y después del grupo de máquinas y robots además de un buen suministro. El tamaño del almacén depende de la tasa de producción.

¿Cuál es el tiempo disponible para manipulación? El tiempo de maniobra requerido está determinado por la longitud total del camino y por la máxima velocidad del robot. La mayoría de los robots neumáticos tienen velocidades máximas aproximadas a los 1.5 metros por segundo y desplazamientos angulares de 150° por segundo. Se puede calcular el tiempo anual de manipulación y compararlo con la producción total en ese mismo período.

¿Puede un nuevo esquema (layout) del sistema dar cabida al Robot? Esta cuestión se refiere a la flexibilidad y a la capacidad de integración de un robot ante eventuales cambios puntuales o de concepción en el sistema de fabricación. Por ejemplo muchos layouts (estructuración del sistema) requieren versiones especiales de robots con grados de libertad adicionales demandadas por el proceso.

¿Accesibilidad? Dentro del layout del sistema se debe tener en cuenta la totalidad de movimientos que realiza el robot. De esta forma se sabe si dichos movimientos se pueden realizar. Posibles problemas pueden ser: límites de alcanzabilidad, configuraciones de ejes no validas o posibles interferencias con el medio externo.

¿Qué dotación de personal de operación y supervisión es necesaria? La implementación de un Robot en un proceso productivo, tiene como objetivo fundamental disminuir los costos de producción mediante un mejor aprovechamiento de la capacidad productiva ya instalada. Aun así se debe realizar un control de calidad. Cada vez se tiende más a estos controles mediante herramientas por computador, como la visión artificial. Sin embargo todavía la se continúa realizando en muchos casos la inspección del desarrollo productivo de forma visual.

¿Es posible realizar la inversión? Cualquier proceso industrial busca una máxima rentabilidad además de otra serie de valores. Para saber dicha eficacia se tienen que tener en cuenta los costos de implementación y sus beneficios:

Costo de Implementación:

- Herramientas del extremo.
- Posible modificación de la máquina o máquina-herramienta y herramientas.
- Posible alteración del layout existente.
- Equipos periféricos, transportadores, zonas de almacenamiento.
- Dispositivos de fijación y señalización.
- Costo del trabajo de instalación.
- Entrenamiento del personal para operación y mantenimiento.
- Puesta en marcha y puesta a punto.

Beneficios

- Reducción de la labor.
- Incremento de utilización de las máquinas.
- Flexibilidad productiva.
- Incremento de la calidad.
- Disminución de pasos en el proceso de producción.
- Mejora de las condiciones de trabajo, reducción de riesgos personales.
- Mayor productividad.
- Ahorro de materia prima y energía.
- Flexibilidad total.
- Calidad de trabajo humano:
- Seguridad: trabajos peligrosos e insalubres.
- Comodidad: trabajos repetitivos, monótonos y en posiciones forzadas.

2.2 Robot industrial

Dentro del desarrollo de la Mobile Factory se encuentra una herramienta robótica. En este subcapítulo se trata de dar una visión de qué es lo que se entiende por robot industrial y de sus características principales [4].

2.2.1 Definición de robot industrial

Existen ciertas dificultades a la hora de establecer una definición formal de lo que es un robot industrial. La primera de ellas surge de la diferencia conceptual entre el mercado japonés y el euro-americano de lo que es un robot y lo que es un manipulador. Así, mientras que para los japoneses un robot industrial es cualquier dispositivo mecánico dotado de articulaciones móviles destinado a la manipulación, el mercado occidental es más restrictivo, exigiendo una mayor complejidad, sobre todo en lo relativo al control. En segundo lugar, y centrándose ya en el concepto occidental, aunque existe una idea común acerca de lo que es un robot industrial, no es fácil ponerse de acuerdo a la hora de establecer una definición formal. Además, la evolución de la robótica ha ido obligando a diferentes actualizaciones de su definición.

La definición más comúnmente aceptada posiblemente sea la de la Asociación de Industrias Robóticas (**RIA**), según la cual:

- Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas, o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas.

Esta definición, ligeramente modificada, ha sido adoptada por la Organización Internacional de Estándares (**ISO**) que define al robot industrial como:

- Manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas.

Se incluye en esta definición la necesidad de que el robot tenga varios grados de libertad. Una definición más completa es la establecida por la Asociación Francesa de Normalización (**AFNOR**), que define primero el manipulador y, basándose en dicha definición, el robot:

- **Manipulador:** mecanismo formado generalmente por elementos en serie, articulados entre sí, destinado al agarre y desplazamiento de objetos. Es multifuncional y puede ser gobernado directamente por un operador humano o mediante dispositivo lógico.
- **Robot:** manipulador automático servo-controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectoria variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas. Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y ocasionalmente de percepción del entorno. Normalmente su uso es el de realizar una tarea de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material.

Común en todas las definiciones anteriores es la aceptación del robot industrial como un brazo mecánico con capacidad de manipulación y que incorpora un control más o menos complejo. Un sistema robotizado, en cambio, es un concepto más amplio. Engloba todos aquellos dispositivos que realizan tareas de forma automática en sustitución de un ser humano y que pueden incorporar o no a uno o varios robots, siendo esto último lo más frecuente.



Figura II. 1: Diferentes tipos de robots articulados

2.2.2 Historia y evolución de los robots industriales

El campo de la robótica industrial puede definirse como el estudio, diseño y uso de robots para la ejecución de procesos industriales. Más formalmente, el estándar ISO define un robot industrial como un manipulador programable en tres o más ejes multipropósito, controlado automáticamente y reprogramable. Este concepto no está demasiado consolidado y ha estado supeditado a la continua evolución de los procesos automatizados y por consiguiente de las funcionalidades y características de los mismos robots. A continuación se muestra un ligero resumen de su evolución en el tiempo:

George Devol [5] fue el primero en aplicar patentes robóticas en 1954. La primera empresa en producir un robot fue Unimation, fundada por el propio George Devol junto con Joseph F. Engelberger en 1956, y basada en las patentes originales de Devol. El principal uso de Unimation para sus robots fue inicialmente la transferencia de objetos de un punto a otro, a una docena de pies o menos de separación. Estos primeros robots utilizaban actuadores hidráulicos y fueron programadas mediante conjunto de coordenadas, es decir, los ángulos de las distintas articulaciones se almacenaron durante una fase de la enseñanza y luego se conseguía su reproducción en funcionamiento. Tenían una precisión de 10 milésimas de pulgada.

Las tecnologías de Unimation quedaron más tarde bajo licencia de Kawasaki Heavy Industries y Guest-Nettelfolds, empresas de Unimation para la fabricación en Japón e Inglaterra, respectivamente. Desde hacía algún tiempo Unimation tuvo un competidor único, que fue Cincinnati Milacron Inc, de Ohio. Esto cambió radicalmente en la década de 1970 cuando varios grandes conglomerados japoneses comenzaron a producir robots industriales similares.

En 1969, Víctor Scheinman en la Universidad de Stanford inventó el brazo Stanford, un sistema totalmente eléctrico, de 6 ejes articulados diseñado para permitir una respuesta de brazo humano. Esto le permitía seguir con precisión y de forma arbitraria trayectorias en el espacio y ampliar el uso potencial de los robots más sofisticados para aplicaciones como montaje y soldadura. Scheinman entonces diseñó un segundo brazo para el Laboratorio de IA del MIT, llamado el "MIT brazo".

Scheinman, después de recibir una beca de Unimation para desarrollar sus diseños, vendió sus modelos a Unimation, que a su vez recibía apoyo de General Motors. General Motors más tarde comercializó dichos diseños como “Programmable Universal Machine for Assembly”(PUMA). En 1973 KUKA Robótica construyó su primer robot, conocido como FAMULUS, que fue el primer robot articulado de seis ejes electromecánicamente impulsado.

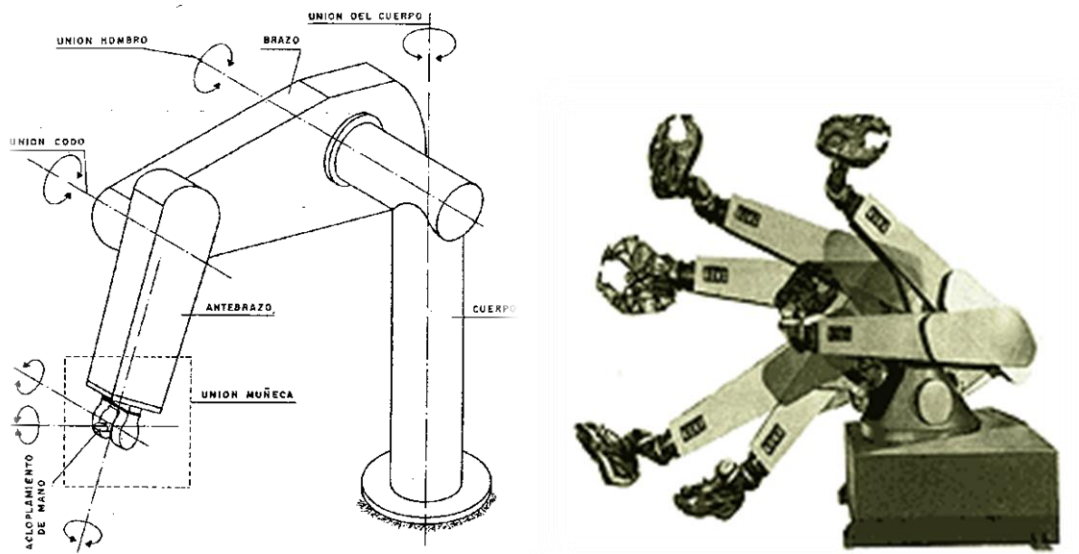


Figura II. 2: Robot industrial tipo PUMA y Famulus

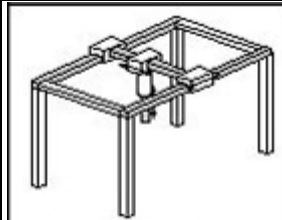
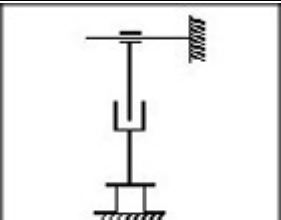
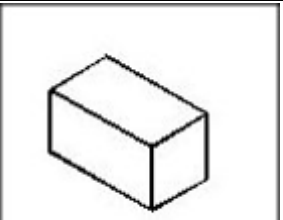

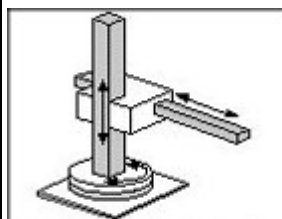
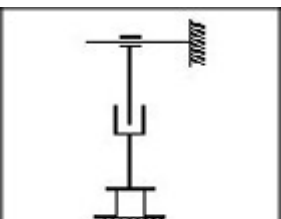
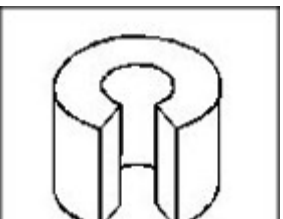

En el interés por la robótica fue en aumento a fines de la década de 1970 y muchas empresas de EE.UU. se introdujeron en el sector, incluidas las grandes empresas como General Electric y General Motors (que formaba la empresa conjunta FANUC Robotics con FANUC LTD de Japón). Como consecuencia del boom de la robótica en 1984, Unimation fue adquirida por Westinghouse Electric Corporation por 107 millones de dólares. Westinghouse a su vez vendió Unimation a la francesa Staubli Faverges SCA en 1988, que todavía siguen haciendo robots articulados para la industria general y aplicaciones “limpias” e incluso compró la división de robótica de Bosch a finales de 2004.

En la actualidad sólo unas pocas empresas no japonesas han logrado sobrevivir en este mercado, las principales son Adept Tecnología, Stäubli Unimation-, la empresa sueco-suiza ABB “Asea Brown Boveri” y la empresa alemana KUKA Robotics.

2.2.3 Clasificación del los robots industriales

La maquinaria para la automatización rígida dio paso al robot con el desarrollo de controladores rápidos, basados en el microprocesador, así como un empleo de servos en bucle cerrado, que permiten establecer con exactitud la posición real de los elementos del robot y establecer el error con la posición deseada. Esta evolución ha dado origen a una serie de tipos de robots, según su estructura mecánica, que se citan a continuación:

- **Robot cartesiano.** Robot cuyo brazo tiene tres articulaciones prismáticas, cuyos ejes son coincidentes con un coordinador cartesiano.
- **Robot cilíndrico:** Robot cuyos ejes forma un sistema de coordenadas cilíndrico.
- **Robot esférico:** Robot cuyos ejes formas un sistema de coordenadas polares
- **Robot SCARA:** Robot que tiene dos articulaciones paralelas de rotación para proporcionar una situación de conformidad en el plano.
- **Robot articulado:** Robot cuyo brazo tiene al menos tres articulaciones de robot, normalmente tiene 6.
- **Robot paralelo:** Robot cuyos brazos tienen concurrencia prismática.

Clasificación de los robots industriales por su estructura mecánica			
Nombre	Estructura cinemática	Espacio de trabajo	Fotografía
 Cartesian Robot			
 Cylindrical Robot			

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

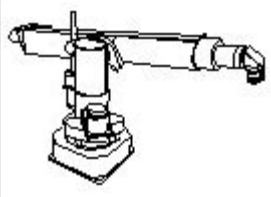



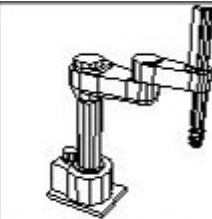
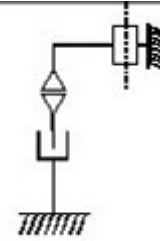
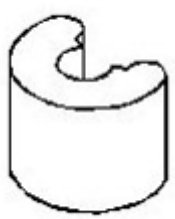


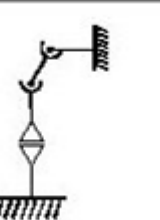





 <p>Spherical Robot</p>			
 <p>SCARA Robot</p>			
 <p>Articulated Robot</p>			
 <p>Parallel Robot</p>			

Figura II. 3: Clasificación de robots industriales por su estructura mecánica

Un resumen de la clasificación de robots industriales por la capacidad de interacción con el medio externo puede ser la siguiente:

Tabla II. 1: Clasificación de robots según la AFRI

	Clasificación de los robots según la AFRI
Tipo A	Manipulador con control manual o telemando.
Tipo B	Manipulador automático con ciclos pre ajustados; regulación mediante fines de carrera o topes; control por PLC; accionamiento neumático, eléctrico o hidráulico.
Tipo C	Robot programable con trayectoria continua o punto a punto. Carece de conocimiento sobre su entorno.
Tipo D	Robot capaz de adquirir datos de su entorno, readaptando su tarea en función de estos.

Los robots como cualquier tipo de mecanismo han sufrido evoluciones técnicas desde sus primeras unidades. De esta forma Otra clasificación puede ser según la generación histórica en la que se encuadren:

Tabla II. 2: Clasificación de robots por generaciones

	Clasificación de los robots industriales en generaciones
1ª Generación	Repite la tarea programada secuencialmente. No toma en cuenta las posibles alteraciones de su entorno.
2ª Generación	Adquiere información limitada de su entorno y actúa en consecuencia. Puede localizar, clasificar (visión) y detectar esfuerzos y adaptar sus movimientos en consecuencia.
3ª Generación	Su programación se realiza mediante el empleo de un lenguaje natural. Posee la capacidad para la planificación automática de sus tareas.

2.2.4 Características generales y justificación del uso de robots industriales

En el sector industrial de la automoción la automatización lleva presente décadas, por lo que la experiencia del sector es bastante amplia a la hora de elegir las máquinas que proporcionan mejores prestaciones para conseguir los productos finales. En cambio en el sector de la construcción la experiencia con elementos de grado automático es muy pequeña, luego, puede que existan dudas entre el tipo de herramientas y mecanismos a usar, o incluso de entre los tipos de robots industriales cual es el más adecuado (precisión, carga máxima, dimensiones o coste...).

La primera duda que puede surgir es el tipo de elementos a utilizar. Se aclara fácilmente, ya que el proceso debe ser fácilmente transportable y flexible, lo que conlleva cambios en la programación de los elementos, sistemas reprogramables.

Las máquinas más propicias con las premisas anteriormente expuestas son sin duda los robots industriales, ya que garantiza una fácil puesta a punto de cualquier cambio que pueda surgir, además de la comodidad que proporciona que pueda desarrollar diferentes tareas dependiendo de los requerimientos. Para la segunda, tipo de robot industrial empleado, se pueden estudiar diferentes aspectos que puede hacer que un robot se acople mejor al proceso o no, o tal vez que una característica no se contemple en el proceso, lo que descartaría una serie de robots. Estas características se exponen a continuación:

- **Área de trabajo:** Se especifica por un dibujo acotado. Hay que tener en cuenta orientaciones y puntos singulares.

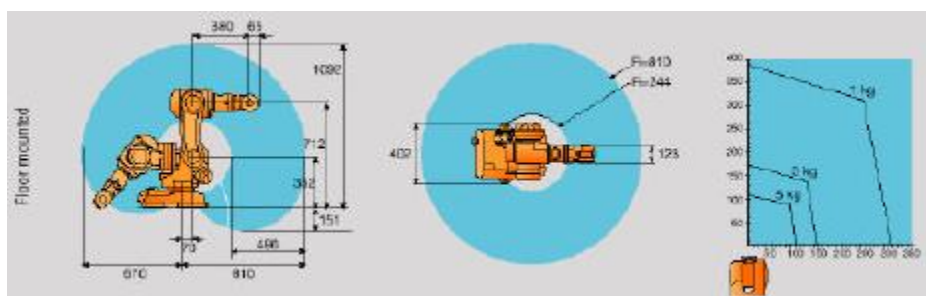


Figura II. 4: Delimitaciones del área de trabajo de un robot

- **Grados de libertad:** dependiendo de la aplicación puede variar. Por ejemplo 3 en procesos de paletizado y 6 en pintura, soldadura con arco...etc.
- **Costo.** Representa el desembolso inicial que debe realizar la empresa para adquirir el robot, los impuestos pagados, costos de mantenimiento preventivo y reparaciones no planteadas. Directamente proporcional a los GDL del robot. Debe ser el menor posible.
- **Capacidad de carga.** Representa el tonelaje que el robot puede levantar en condiciones normales y extremas. Sera proporcional a la función que deba desarrollar del robot. Depende del tipo de accionamiento, tamaño y configuración del robot. Se puede superar con pérdidas de prestaciones dinámicas.
- **Velocidad.** Se refiere a la velocidad a la cual el robot mueve la carga entre diferentes estaciones o zonas muertas. Este atributo, que se busca maximizar, se analiza para saber si las alternativas evaluadas tienen la capacidad de abastecer a las zonas de servicio. Es inversamente proporcional a la carga trasladada y resulta útil para calcular tiempos de ciclo.
- **Calidad de servicio.** Se refiere a las características del servicio que tiene el proveedor del robot, como son el financiamiento, tiempo de entrega, la capacitación en el manejo del mismo y otros. Este atributo es cualitativo, se basa en los juicios del grupo de decisión y se busca maximizarlo.
- **Facilidad de programación.** Es la facilidad con que se puede programar el robot al introducir un nuevo producto con otra forma geométrica diferente al introducir nuevas coordenadas de posicionamiento, etc. Este atributo es cualitativo, se basa en los juicios del grupo de decisión y se busca maximizarlo.

- **Precisión.** Distancia entre el punto programado y el valor medio de los puntos realmente alcanzados al repetir el movimiento varias veces con carga y temperatura nominales. Su origen se debe a errores en la calibración del robot (punto de sincronismo por ejemplo), deformaciones por origen térmico y dinámico, errores de redondeo en el cálculo de la transformación cinemática, errores entre las dimensiones reales y teóricas del robot, etc. Dependiendo de la aplicación y la escala de precisión en la que se mueve el robot puede ser imprescindible. Suele ser de décimas de milímetro.
- **Resolución:** Mínimo incremento que puede aceptar la unidad de control del robot. Su valor está limitado por la resolución de los captadores de posición y convertidores A/D y D/A, por el número de bits con los que se realizan las operaciones aritméticas en la CPU y por los elementos motrices, si son discretos.

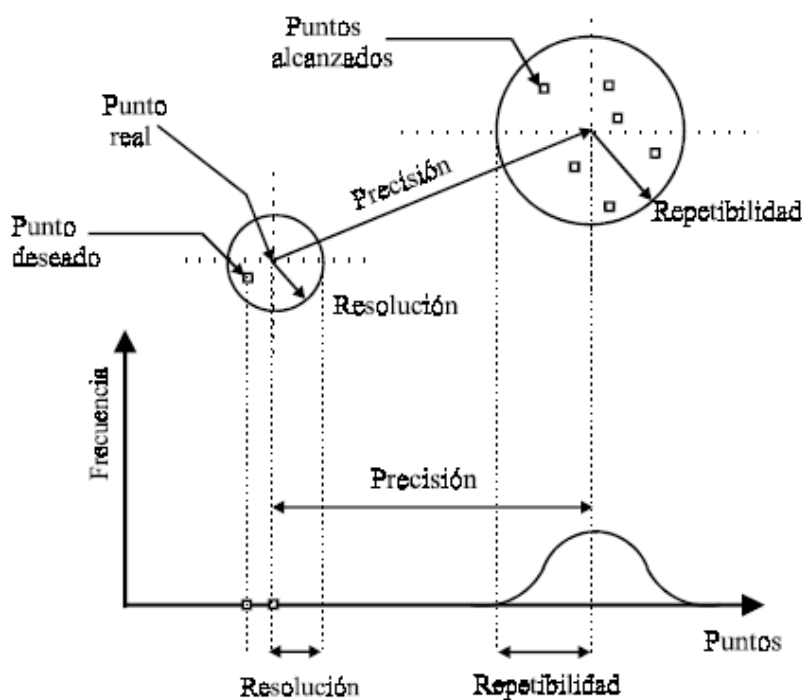


Figura II. 5: Comportamiento de un robot respecto a la frecuencia

- **Repetibilidad:** Radio de la esfera que abarca los puntos alcanzados por el robot tras suficientes movimientos, al ordenarle ir al mismo punto de destino programado, con condiciones de carga, temperatura, etc..., iguales. El error de repetitividad es debido fundamentalmente a problemas en el sistema mecánico de transmisión como rozamientos, histéresis, zonas muertas (backlash).

• **Integración.** Es la facilidad con que el robot se integra al sistema de producción ya existente y con la que puede desempeñar otras tareas en diferentes líneas. Este atributo es subjetivo y se busca maximizarlo.

• **Sistema de control:** Por ejemplo:

- Control punto a punto (PTP) o trayectoria continua.
- Control en cadena abierta o en cadena cerrada.
- Programación textual o por guiado.

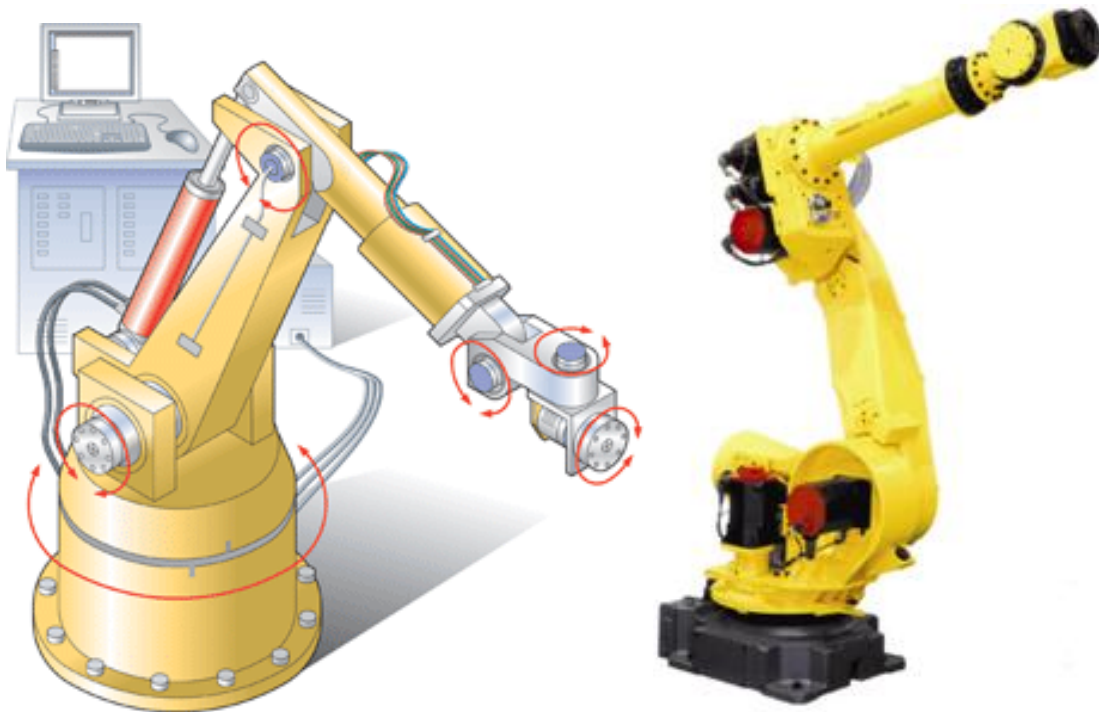


Figura II. 6: Robot genérico articulado de 6 GDL

Podemos ver como ninguna de las características generales de un robot industrial es un claro inconveniente. Más bien todo lo contrario, la mayoría de las características se acoplan adecuadamente a las indicaciones del proceso, consiguiendo una gran flexibilidad e integración en la zona de trabajo. También es necesario lograr un nivel de automatización y productividad adecuado al proceso. Llegados a este punto surgen una duda: ¿Existen otros mecanismos capaces de dotar al sistema de un buen grado de automatización?

A priori, resulta evidente que las máquinas de control numérico, muy desarrolladas en ciertos sectores puede ser una alternativa. Ahora bien, se trataría de un sistema automatizado pero demasiado rígido, totalmente opuesto a las exigencias principales, flexibilidad y facilidad de integración. También resulta muy conveniente que el sistema físico tenga alto grado de versatilidad y por lo tanto que a su vez sea fácilmente programable. En la siguiente tabla se pueden apreciar algunas características diferenciales.

Tabla II. 3: Comparación entre robot industrial y una máquina control numérico

COMPARACIÓN ENTRE UN ROBOT INDUSTRIAL Y UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO	
ROBOT INDUSTRIAL	MÁQUINA CONVENCIONAL DE CONTROL NUMÉRICO
Movimiento simultaneo de varios ejes (6 o más)	Normalmente mueve simultáneamente 1 o 2 ejes
Movimiento independiente de cada uno de los ejes	Movimientos limitados
Trayectorias complejas	Trayectorias simples
Campo de acción fuera del volumen cubierto por la propia maquina	Campo de acción dentro del volumen abarcado por la maquina
Espacio de trabajo no reconocido fácilmente	Campo de acción similar al humano

En el siguiente subcapítulo se muestra la variedad de oferta de robots industriales y controladores disponibles actualmente en el mercado, y la elección de nuestro robot industrial.

2.2.5 Oferta y elección del robot industrial

Un resumen de las características que tiene un robot:

- **Caract. Geométricas:**
 - Área de trabajo
 - Grados de libertad
 - Errores de posicionamiento
 - Distancia tras emergencia
 - Repetitividad
 - Resolución
 - Errores en el seguimiento de trayectorias
 - Calidad de una línea recta, arco...
 - Precisión con el mínimo incremento posible
- **Caract. Cinemáticas:**
 - Velocidad nominal máxima
 - Aceleración y deceleración
- **Caract. Dinámicas:**
 - Fuerza
 - De agarre
 - Carga máxima
 - Control de fuerza-par
 - Frecuencia de resonancia
- **Tipo movimientos:**
 - Movimiento punto a punto
 - Movimientos coordinados
 - Trayectorias continuas (CP)
- **Modo programación:**
 - Enseñanza (guiado)
 - Textual
- **Tipo accionamiento:**
 - Eléctrico (por corriente continua o corriente alterna)
 - Neumático
 - Hidráulico
- **Comunicaciones:**
 - E/S Digitales/Analógicas
 - Comunicaciones Ethernet
- **Servicio proveedor:**
 - Mantenimiento
 - Servicio Técnico
 - Cursos de formación
- **Coste**

Según la aplicación que vaya a desempeñar el robot puede ser necesario que tenga unas características más potenciadas respecto a otras. También dentro de una misma aplicación surgen diferencias. Por ejemplo, no es lo mismo si un robot se dedica a manipular microchips o si se dedica a manipular tochos de acero para fundición. En este ejemplo el tamaño y peso que debe soportar el robot es un claro elemento diferenciador. En nuestro caso el robot se dedicara primordialmente a tareas de ensamblado, pudiendo también desempeñar tareas de mecanizado.

Tabla II. 4: Características deseables de un robot según su aplicación







CARACTERÍSTICAS DESEABLES DE UN ROBOT SEGÚN SU APLICACIÓN	
PINTURA	PALETIZACION
Programación por guiado	Elevada capacidad de carga
Campo de acción similar al humano	Relación grande entre área de trabajo y tamaño de robot
Estructura antropomórfica	
6 grados de libertad	Control PTP
PROCESADO	ENSAMBLADO
Sistema de programación	Elevada precisión y rapidez
5-6 grados de libertad	Campo de acción similar al humano
Campo de acción similar al humano	Potencia del sistema de programación
Control de trayectoria continua	Sistema sensorial

Con las características expuestas para la elección de un robot y con la finalidad que deseamos que se alcance, comprobamos como el coste inicial no es un obstáculo determinante, ya que dado los modelos del mercado y el presupuesto inicial de partida es un obstáculo fácilmente salvable para cualquier empresa constructora. Además la vida útil de los robots es elevada lo que facilita su amortización. La capacidad de carga que soportara será media. La velocidad es un aspecto a tener en cuenta, el proceso tiene que disponer de cierta velocidad, ya que son procesos que también podría ejecutar mediante mano de obra, pero debe disponer de un buen balance entre velocidad y precisión.

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE ROBOTIZADA

La facilidad de programación es una característica fundamental, ya que una característica principal del sistema debe ser su flexibilidad. Al ser un sistema innovador y reciente se pueden producir cambios y mejoras sobre la marcha, por lo que sería interesante una fácil integración del robot. Los robots disponibles son:













Tabla II. 5: Lista de posibles robots industriales articulados

ROBOTS							
Marca		KUKA	ABB	FANUC Robotics	REIS Robotics	MOTOMAN	STÄUBLI
Manipulador		KR 3	IRB 140	LR Mate 200iB	RV 4	SV3XL	RX90
Ejes		6	6	6	6	6	6
Carga nominal (kg)		3	5	5	4	3	6
Carga (kg) adicional en eje		0,5 en 3º	1 en 3º y 0,5 en 4º	1 en 4º	6 en 3º	0,5 en 3º	20 en 4º
Alcance (mm)		635	810	700	990	795	900
Repetibilidad (mm)		±0,05	±0,03	±0,04	±0,03	±0,03	±0,02
Accionamiento		Brushless DC	Brushless	Brushless AC	Brushless	Brushless AC	Brushless
Sensores de posición		Encoders abs.	Resolvers	Encoders incr.	Resolvers	Encoders abs.	Encoders abs.
Resolución sensor posición		2048pasos/vuelta	8000pasos/vuelta	65536pasos/vuelta	8000pasos/vuelta	2048pasos/vuelta	-
Transmisión		Harmonic Drive	Harmonic Drive	Harmonic Drive	Harmonic Drive	Harmonic Drive	JCS
Frenos mecánicos		J1, J2, J3 y J5	Todos los ejes	J2 y J3, opc. todos	Todos los ejes	Todos los ejes	Todos los ejes
Resolución (mm y grados)		0,001mm y 0,001º	0,01 mm y 0,01º	0,001 mm y 0,001º	-	0,01 mm y 0,001º	- y 0,72-2,75º·10 ⁻³
Rango de Movimiento (grados)	J1	±180	-180 a +180	±160	±180	±170	±160
	J2	-45 a +135	-90 a +110	-33 a +152	-30 a +115	-45 a +150	±137.5
	J3	-225 a +45	-230 a +50	-149,8 a +165	-150 a +120	-70 a +190	±142.5
	J4	±180	±200	±190	±180	±180	±270
	J5	±135	±120	±120	±123	±135	+120 a -105
	J6	Sin fin	±400	±360	±360	±350	±270
Velocidad de Movimiento (grados/s)	J1	240	200	180	180	150	236
	J2	210	200	180	180	120	200
	J3	240	260	225	200	195	286
	J4	375	360	400	350	300	401
	J5	300	360	330	350	300	320
	J6	375	450	480	550	420	580
Vel. / Acel. TCP máx. (m/s)		-	2,5 / 20	-	-	-	2 / -
Entradas / Salidas digitales		4 / 4 en 4º eje	12 / 0 en 3º eje	6 / 0 en 4º eje	4 / 4 en 4º eje	6 / 4 en 1º eje	7 / 2 en 4º eje
Electroválvulas internas		0	0	2-3	0	0	2
Peso robot (kg)		53	98	45	195	35	111
Montaje		suelo o techo	suelo, ángulo o techo	suelo, ángulo o techo	suelo o techo	suelo o muro	Suelo o techo
Grado de protección		IP54	IP67	IP65	IP54	IP54	IP65
Temperatura de fun. (°C)		10 ~ 40	5 ~ 45	0 ~ 45	5 ~ 45	0 ~ 45	5 ~ 40
Humedad relativa (%)		95	95	95	95	20-80	95
Nivel ruido acústico (dB)		<70	<70	=70	70	70	70
Precio (con IVA)		25.732 €	23.990 €	24.339 €	30.235 €	22.320 €	27.600 €

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

Cada robot tiene asociado un sistema de control:

Tabla II. 6: Lista de controladores para los posibles robots industriales articulados

CONTROLADORES DE ROBOT						
Marca	KUKA	ABB	FANUC Robotics	REIS Robotics	MOTOMAN	STÄUBLI
Controlador	KR C2	S4Cplus	R-J3iB Mate	ROBOTstarV	XRC	CS8C
Ejes controlables	8	12	8	24	27	6
Tamaño (AlxAnxP) (mm)	485 x 460 x 310	950 x 800 x 620	470 x 530 x 320	900 x 800 x 600	650 x 600 x 450	305 x 445 x 437
Peso Controlador (kg)	185	250	35	215	100	40
Suministro potencia	3x400Vac ±10% 49/61Hz	3x200-600Vac +10% -15% 48,5 a 61,8Hz	3x380-500Vac +10% -15% 50/60Hz ±1%	3x400Vac ±10% 50/60Hz	3x200-220 Vac +10% -15% 50/60 Hz	3x400 Vac ±10% 50/60 Hz
Potencia (kVA)	7,3	4,8	1,2	2,4	1	1,2
CPU	Procesador Pentium o equivalente	Multiprocesador Pentium	Multiprocesadores RISC (mov y com) reloj tiempo real	Intel Celeron 300MHz	Procesador RISC	Procesador RISC
Capacidad Memoria (MB)	6400	64/128	32	64	2200 pasos y 1200 instrucc.	64
Backup (MB)	64 MB Compact Flash Disk	1,44 MB Disquete 3 ^{1/2}	32 MB Compact Flash Disk	32 MB Compact Flash Disk	32 MB Compact Flash Disk	64 MB Compact Flash Disk y USB
Lenguaje de programación	KRL	RAPID	TPE, KAREL, PMC	ROBOTstarV	TOE	VAL3
Comunicación	2xRS232, RS485, Ethernet	2xRS232, RS485, 2xEthernet	Puerto RS232, Ethernet	2xRS232, RS485 Ethernet	RS232, Ethernet, M-NET	RS232, RS422, Ethernet
Número Entradas/Salidas	512/512	1024/1024	512 puntos máx.	256/256	30/31	32/32
Tipos Entrada/Salida	Digitales DC/AC Analógicas 12bits ±10V, 4-20mA	Digitales DC/AC Analógicas 12bits ±10V, 4-20mA	Digitales DC/AC Analógicas 12 bits ±10V, 0/4-20mA	Digitales DC/AC Analógicas 12bits ±10V, 4-20mA	Digitales DC/AC	Digitales DC
Bus de campo para E/S remotas	DeviceNet, CAN, Interbus-S	Profibus-DP, 2XDeviceNet, Interbus-S, 2xCAN	Fanuc I/O, Profibus-DP, DeviceNet, Interbus-S	CAN	-	Profibus-DP, DeviceNet, CANopen/Modbus
Grado de protección	IP54	IP54	IP20	IP20	IP54	IP20
Temperatura de func.(°C)	5-45	5-52	0-45	5-45	0-45	5-40
Humedad relativa (%)	95	95	95	95	90	95
CONSOLAS DE PROGRAMACIÓN						
Modelo	KCP	TPU	iPendant	PHG	TP	SP1
Pantalla	8" 640x480píxeles	LCD 16x40	8" 640x480píxeles	8"640x480píxeles	LCD 12x40	LCD 16x40
Tamaño (AlxAnxP) (mm)	260 x 330 x 110	185 x 325 x 120	332 x 205 x 115	355 x 210 x 85	312 x 211 x 75	320 x 280 x 128
Peso (kg)	1,4	1	1,3	1,5	0,6	0,7

Como vemos la oferta disponible en el mercado para robots industriales es muy similar. Hay tamaños estándar de robots según el alcance, tamaño y peso. En cuanto a los controladores para los robots, las diferentes marcas no hacen una gran diferenciación, únicamente cambia el apartado estético de las consolas de programación.

De esta forma el robot elegido es el IRB-2400 con el controlador IRC5 de la marca ABB, que cumple con las características primordiales, estas son: velocidad, precisión, facilidad de programación, flexible e integrable en otros posibles sistemas. Este robot es de tamaño medio ya que no moverá una carga demasiado elevada en comparación con los mayores existentes. Este robot podría haber sido cualquier otro de otra marca comercial con un tamaño similar y que cumpla con las principales premisas.

Tabla II. 7: Ventajas y desventajas del robot IRB-2400 de ABB

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">▪ Apto para aplicaciones de ensamblaje▪ Capacidad de carga óptima▪ Alcance óptimo, entre el mínimo y el máximo requerido▪ Repetitividad muy buena▪ Rango de movimientos muy bueno▪ Velocidad de movimientos buena▪ E/S integradas▪ Controlador con comunicación vía Ethernet▪ Precio bajo	<ul style="list-style-type: none">▪ Peso elevado▪ Base de dimensiones algo grandes



Figura II. 7: Robot IRB-2400 y controlador IRC5 de la marca ABB

2.2.6 Procesos robotizados

El uso de robots en la industria es una aplicación relativamente joven si se compara con otras herramientas. La primera vez que se instaló un robot industrial ocurrió a la mitad del siglo XX. El primer robot con accionamiento eléctrico y controlado por computador vio la luz en 1973. Hoy en día, muchas de las actividades productivas tienen en los robots industriales unos de sus más importantes componentes, los cuales permiten aprovechar las numerosas ventajas que ofrecen los procesos automatizados, como pueden ser una mayor rapidez, flexibilidad, etc. Las compañías de producción industrial están obligadas a presentar alta productividad y ahorro en costes para subsistir en el mercado. Las operaciones manuales no son rentables en los países que presentan la mano de obra más cara, por lo que estas operaciones tienden a trasladarse a los países con menores salarios.

Por otro lado, cada vez se demanda mayor calidad de producto, que se consigue generalmente mediante la automatización. La inversión en robots facilita la posibilidad de mantener la producción en los países de renta alta y a la vez mejorar la calidad del producto. Además, ya que los robots se destinan a realizar a menudo tareas repetitivas y tediosas, frecuentemente peligrosas, la inversión en soluciones robóticas mejora las condiciones de seguridad de los trabajadores. A continuación se dará una visión global sobre la importancia del robot en diferentes sectores y aplicaciones industriales. También se muestran algunos datos concernientes a las cifras del mercado robótico mundial, que demuestran el constante crecimiento y desarrollo de estas soluciones.

La principal aplicación de los robots tiene lugar en la industria, donde es habitual la repetición de tareas, como la fabricación en serie de piezas y maquinaria, lo que obliga a realizar todas exactamente iguales. Un robot está programado para realizar los mismos movimientos y con la misma precisión, por lo que es perfecto para aplicaciones industriales. Aunque prácticamente todos los campos de la industria son susceptibles de emplear robots para determinadas operaciones o trabajos, solo vamos a describir las aplicaciones más comunes:

2.2.6.1 Manipulación y procesamiento de elementos.

Cuanto mayor sea el trabajo de almacenamiento, más justificado está el uso de sistemas automáticos que clasifican y almacenan. Estos sistemas combinan una estructura tridimensional de baldas y estanterías, en las que los objetos son colocados siguiendo un patrón de clasificación

La alimentación de máquinas especializadas es otra tarea de manipulación de posible robotización. La peligrosidad y monotonía de las operaciones de carga y descarga de máquinas como prensas, estampadoras, hornos o la posibilidad de usar un mismo robot para transferir una pieza a través de diferentes máquinas de procesamiento, ha conseguido que gran número de empresas hayan introducido robots en sus talleres. En las células de multiproceso el mismo robot alimenta a varias máquinas o centros de mecanizado. Una misma pieza, transportada por el robot, puede ir pasando de una máquina a otra, incluyendo controles de calidad u otras tareas de calibración.



Figura II. 8: Máquina de torneado con carga por robot

Ciertos procesos de manipulación deben ser realizados en ambientes extremadamente limpios y controlados.

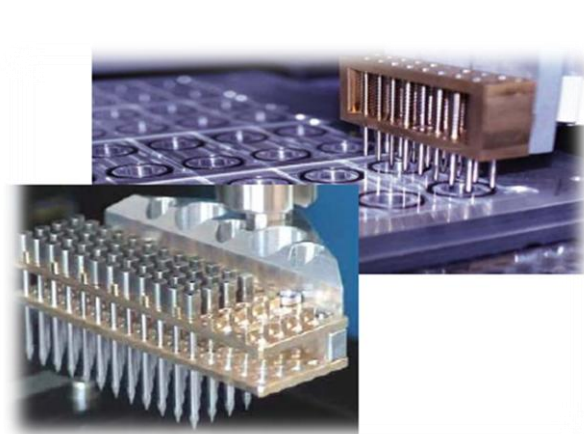


Figura II. 9: Uso de robot en la integración de microchips

En ellos, la actividad del operador se ve dificultado no por el trabajo en sí, que no tiene por qué ser especialmente complejo o delicado, sino por la necesidad de mantener elevadas medidas de control de impurezas. Las denominadas salas blancas de la industria de los semiconductores o a las de fabricación de algunos productos farmacéuticos, son ejemplos típicos.

2.2.6.2 Paletización

La paletización es un proceso básicamente de manipulación, consistente en disponer de piezas sobre una plataforma o bandeja (palet). Las piezas en un palet ocupan normalmente posiciones predeterminadas, procurando asegurar la estabilidad, facilitar su manipulación y optimizar su extensión



Figura II. 10: Uso de robot en labores de paletización

Existen diferentes tipos de maquinas especificas para realizar operaciones de paletizado. Estas frente al robot, presentan ventajas en cuanto a velocidad y coste, sin embargo, son rígidos en cuanto a su funcionamiento, siendo incapaces de modificar su tarea de carga y descarga. Así pues, los robots realizan con ventaja aplicaciones de paletizacion en las que la forma, numero o características generales de los productos a manipular, cambian con relativa frecuencia.

2.2.6.3 Operaciones industriales de mecanización.

En industrias de automoción y fabricación de maquinaria en serie, los robots son de enorme utilidad en operaciones como:

Soldadura

La tarea más frecuente robotizada dentro de la fabricación de automóviles ha sido sin duda alguna la soldadura de carrocerías. En este proceso, dos piezas metálicas se unen en un punto para la fusión conjunta de ambas partes, denominándose a este tipo de soldadura por puntos. Para ello, se hace pasar una elevada corriente eléctrica elevada y baja tensión a través de dos electrodos enfrentados entre los que se sitúan las piezas a unir. Los electrodos instalados en una pinza de soldadora, deben sujetar las piezas con una presión determinada (de lo que depende la precisión de la soldadura). Además deben de ser controlados los niveles de tensión e intensidad necesarios, así como el tiempo de aplicación. Todo ello exige el empleo de un sistema de control del proceso de soldadura.



Figura II. 11: Diferentes procesos de soldadura mediante robots

La robotización de la soldadura por puntos admite dos soluciones: el robot transporta la pieza presentando esta a los electrodos que están fijos, o bien, el robot transporta la pinza de soldadura posicionando los electrodos en el punto exacto de la pieza en la que se desea realizar la soldadura. El optar por uno u otro método depende del tamaño, peso y manejabilidad de las piezas. En las grandes líneas de soldadura de carrocerías de automóviles, estas pasan secuencialmente por varios robots dispuestos frecuentemente formando un pasillo, los robots, de una manera coordinada, posicionan las piezas de soldadura realizando varios puntos consecutivamente.

Recubrimientos y aplicación de materiales

El acabado de superficies por recubrimiento de un cierto material (pintura, esmalte, partículas de metal, etc.) con fines decorativos o de protección, es una parte crítica en muchos procesos de fabricación. Tanto en la pintura como en el metalizado, esmaltado o arenado, la problemática a resolver es similar, siendo la primera la que cuenta con mayor difusión. Su empleo está generalizado en la fabricación de automóviles, electrodomésticos, muebles, etc.



Figura II. 12: Robots pintando la carrocería de un automóvil

Procesado y mecanizado

Dentro del procesado se incluyen operaciones en las que el robot se enfrenta a piezas y herramientas (transportando una u otra) para conseguir, en general, una modificación en la forma de la pieza. El desbardado consiste en la eliminación de rebabas de la pieza de metal o plástico, procedentes de un proceso anterior (fundición, estampación, etc.). Esta operación se realiza manualmente con una esmeriladora o fresa, dependiendo la herramienta de las características del material a desbardar.



Figura II. 13: Robot puliendo (izquierda). Robot desbarbando piezas (derecha)

Corte de piezas mediante sierra o láser.

El corte de materiales mediante el robot es una aplicación reciente que cuenta con notable interés. La capacidad de reprogramación del robot y su integración en un sistema, hacen que aquel sea el elemento ideal para transportar la herramienta de corte sobre la pieza, realizando con precisión un programa de corte definido previamente desde un sistema de diseño asistido por computador (CAD). Los métodos de corte no mecánico más empleados son oxicorte, plasma, láser y chorro de agua, dependiendo de la naturaleza del material a cortar. En todos ellos el robot transporta la boquilla por la que se emite el material de corte, proyectando este sobre la pieza al tiempo que sigue una trayectoria determinada. Las piezas a cortar pueden disponerse en varias capas, unas encima de otras, realizándose el corte simultáneo de todas ellas (método de corte de patrones en la industria textil).

2.2.6.4 Trabajos en fundición

La fundición por inyección fue el primer proceso robotizado (1960). En este proceso el material usado, en estado líquido, es inyectado a presión en el molde. Este último está formado por dos mitades que se mantienen unidas durante la inyección del metal mediante la presión ejercida por dos cilindros. La pieza solidificada se extrae del molde y se enfría para su posterior desbardado. El molde, una vez limpio de residuos de restos de metal y adecuadamente lubricado, puede ser usado de nuevo.

En la fundición de las piezas del molde y transporte de estas a un lugar de enfriado y posteriormente a otro proceso (desbardado, corte, etc.). Limpieza y mantenimiento de los moldes eliminando rebabas (por aplicación de aire comprimido) y aplicando el lubricante. Colocación de piezas en el interior de los moldes (embutidos). Las cargas manejadas por los robots en estas tareas suelen ser medias o altas (del orden de decenas de kilogramos), no se necesita una gran precisión y su campo de acción ha de ser grande. Su estructura más frecuente es la polar y la articular, su sistema de control es por lo general sencillo.



Figura II. 14: Robots trabajando en el colado de moldes

2.2.6.5 Montaje y ensamblado

Las operaciones de montaje, por la gran precisión y habilidad que normalmente exigen, presentan grandes dificultades para su automatización flexible. Sin embargo, el hecho de que estas operaciones representen una buena parte de los costes totales del producto, ha propiciado las investigaciones y desarrollos en esta área, consiguiéndose importantes avances.



Figura II. 15: Robots trabajando en el colado de moldes

También pertenecen a este grupo trabajos en los que el anclaje se produce mediante la realización de taladros conjuntamente con operaciones de atornillado y roscado, o labores de remachado.

2.2.6.6 Inspecciones en lugares inaccesibles y manipulación de residuos tóxicos-peligrosos

En ocasiones es necesario realizar tareas de limpieza y mantenimiento en lugares como tubos de aire acondicionado, alcantarillas, etc. Para ello se utilizan robots dotados de un sistema de tracción adecuado a los que se les incorpora una cámara. Así se puede obtener una visión del recorrido que sigue el robot.

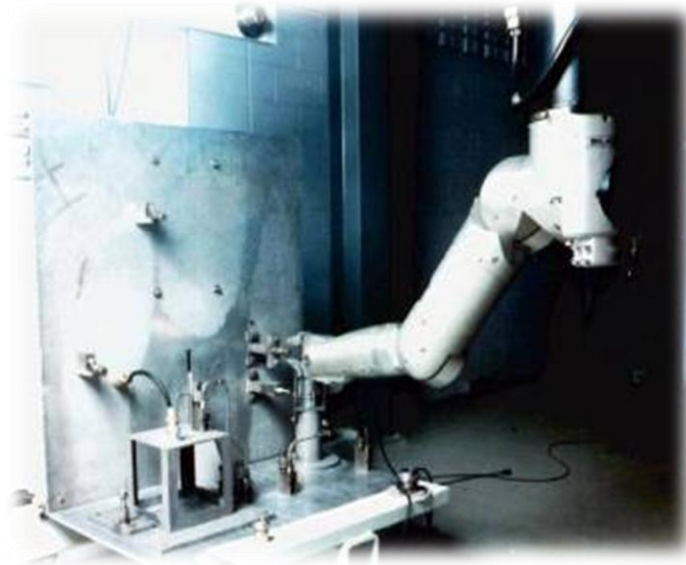


Figura II. 16: Inspección de los tubos del generador de vapor en un reactor nuclear

Los trabajos de inspección y mantenimiento de las zonas más contaminadas de una central nuclear de producción de energía eléctrica son largos y costosos. De realizarlas manualmente, el tiempo de exposición de los operadores a la radiación es un factor crítico que, junto con el elevado coste que supone una interrupción temporal del funcionamiento del sistema en cuestión, justifica sin lugar a dudas la utilización de sistemas robotizados, normalmente tele-operados, total o parcialmente, que sustituyan al operador.

También es el caso de la limpieza de ríos y puertos. Este tipo de trabajos requiere robots que se sumerjan en el fondo fluvial o marino. También suelen incorporar, además de medios submarinos de impulsión, cámaras de observación para visualizar desde el centro de control del robot.

Las industrias que generan residuos altamente tóxicos, como las industrias químicas o las que trabajan con material radiactivo, requieren la utilización de robots para el traslado y manipulación de este tipo de materiales, ya que no es posible que una persona opere en estos ambientes de trabajo.

2.2.6.7 Control de calidad y otros campos

La tendencia a conseguir una completa automatización abarca el control de la calidad. El robot industrial participa en esta tarea usando su capacidad de posicionamiento y manipulación, realizando el control dimensional de las piezas.

En el sector de la industria alimentaria es cada vez mayor la utilización de robots dedicados a los trabajos de poda, recolectores de fruta, preparadores y cortadores de animales en piezas en la industria cárnica, etc.

La automatización mediante robots está avanzando en otros sectores tradicionalmente menos adeptos. Por ejemplo se está implantando con notable éxito en la medicina (herramienta de apoyo en la cirugía), en la ayuda a discapacitados, en el sector aeronáutico, en la minería o en la construcción.

Aunque en la actualidad se están incorporando nuevos sectores y actividades al uso de robots en sectores de fabricación y/o procesamiento, todavía se puede observar como los sectores clásicos de la automatización se mantienen a la cabeza en uso de robots. Así observamos como la actividad que mas robots demanda es con mucha diferencia la soldadura (50%), un campo donde los robots se adaptan realmente bien. Sectores como el ensamblado y trabajo de mecanizado (Actividades desarrolladas en este PFC) representan únicamente el 7% respectivamente.

Por sectores, el del automóvil y componentes es también el que más robots incorpora. Hay que destacar que en las figuras se hace referencia al número total de robots acumulados. Si hablásemos de forma anual hay que señalar una mayor progresión del resto de sectores y actividades en proporción.



Figura II. 17: Robots en España por actividad

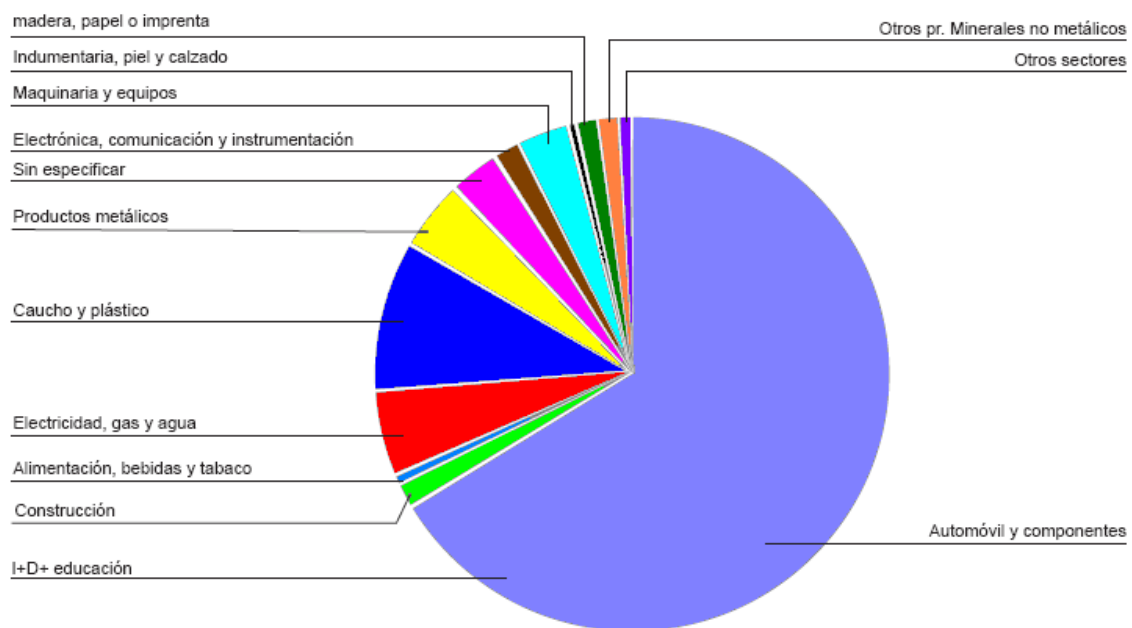


Figura II. 18: Robots en España por sector

2.2.7 Conclusiones actividad robótica mundial y proyección de futuro

Según un informe recientemente publicado por la IFR [6], “Federación internacional de robótica”, se puede concluir que el mercado de la robótica está en constante crecimiento, por lo que resulta atractivo tener conocimiento sobre los desarrollos en este campo. Además, se constata que frente a la previa posición dominante y casi exclusiva del sector de la automoción como consumidor de estas soluciones, la tendencia muestra que muchas otras industrias, como la alimentaria, la construcción, la logística, etc., están cobrando gran importancia relativa en este mercado, aumentando su inversión en robótica y generando por tanto originales e innovadores desarrollos de aplicación en nuevos campos y tareas por parte de los fabricantes. Por tanto la robótica va a cobrar cada vez más importancia en todo tipo de áreas, y es interesante conocer los nuevos o potenciales desarrollos.

Hay una tendencia mundial hacia la automatización de la industria no automotriz, que es muy evidente en 2007. Los proveedores de robots ofrecen soluciones cada vez más adaptadas. La industria del metal, alimenticia, farmacéutica, de dispositivos médicos o fotovoltaicos sigue ampliando sus inversiones en robots. La industria del automóvil, principal cliente histórico, se está re-estructurando ya que el mercado solo crece en los países emergentes, donde la demanda es de bajo costo. Las grandes compañías de automóviles tratan de reducir el número de proveedores directos. Se trata de externalizar los procesos de producción centrándose en los de valor añadido. En consecuencia la industria de piezas de automóvil se ha visto perjudicada. Ambas subirán los próximos años.

La automatización y manipulación de piezas está ganando en importancia en todos los sectores industriales. Fábricas que utilizan máquinas-herramientas pueden estar operativas más horas vía automatización con robots industriales. Los robots sustituyen la mano de obra humana siendo capaz de administrar material o usar herramientas. Esto permite a los centros de mecanizado mantener el funcionamiento permanentemente. Paletizado, envasado, recolección y colocación han ganado rápidamente importancia estos tres últimos años en Europa. La automatización del sector alimenticio (alimentos y bebidas) es muy alta en Europa.

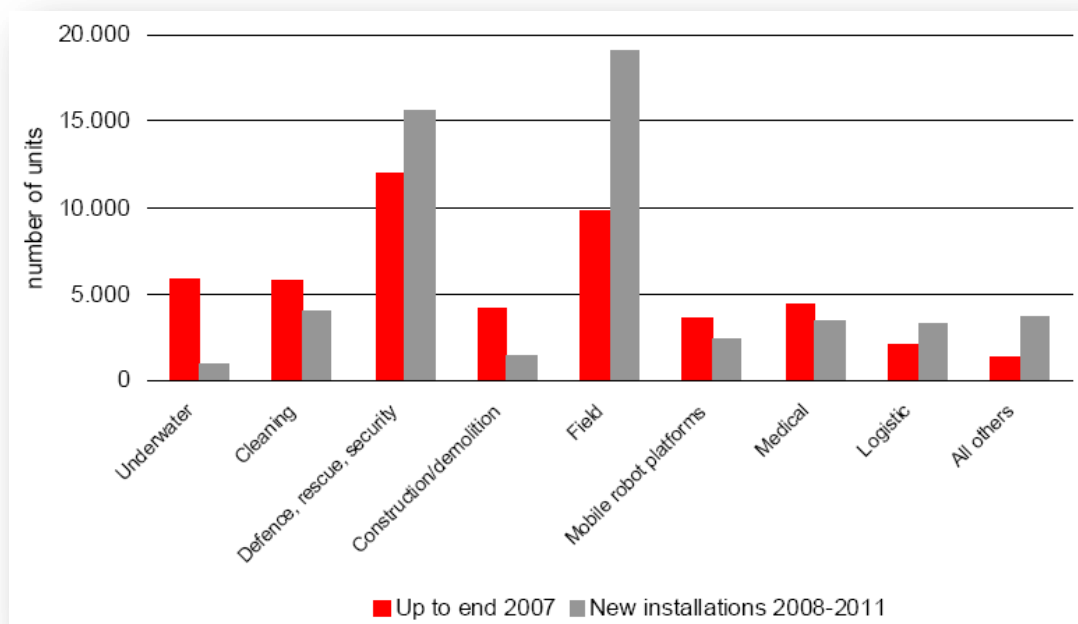


Figura II. 19: Previsión de la demanda de robots industriales en sectores no automóvil

Los últimos datos muestran que en 2008 las inversiones en industrias manufactureras perdieron impulso, aumentando un 8% en todo el mundo el primer trimestre. La crisis que afecta a las económicas mundiales repercutirá en las instalaciones de robots en el 2009 y probablemente en 2010. Sin embargo tampoco se prevé un fuerte descenso. ¿Por qué? Los robots industriales son un componente clave en los procesos automatizados. La productividad, la escasez de mano de obra causada por el cambio demográfico, los altos estándares de calidad, las regulaciones ambientales, la reducción de los trabajos tediosos y peligrosos, la variabilidad de la producción, etc. Plantean nuevos desafíos a la tecnología de la automatización y estimulará la demanda de robots en todos los sectores de la industria manufacturera.

Por último, pero no menos importante, las inversiones en los mercados emergentes continuará a buen ritmo. Se puede esperar una fuerte recuperación mundial para el año 2011 a más tardar. El mercado mundial de robots industriales se prevé que aumente un 4% de 114.365 unidades en 2007 a 118.900 en 2008. En 2008, se espera que Europa crezca un 6% obteniendo un nuevo nivel máximo. América del Norte subirá ligeramente 1%, mientras que Brasil continuará creciendo sustancialmente. Américas se estancará a un gran nivel.

La demanda en China, India, la ASEAN, Europa Central y Oriental y América del Sur una vez más registrarán un aumento en la tasa superior a la tendencia. Los suministros en Japón se estancarán. En Corea crecerán en torno al 8%. Asia/Australia crecerá un 6%.

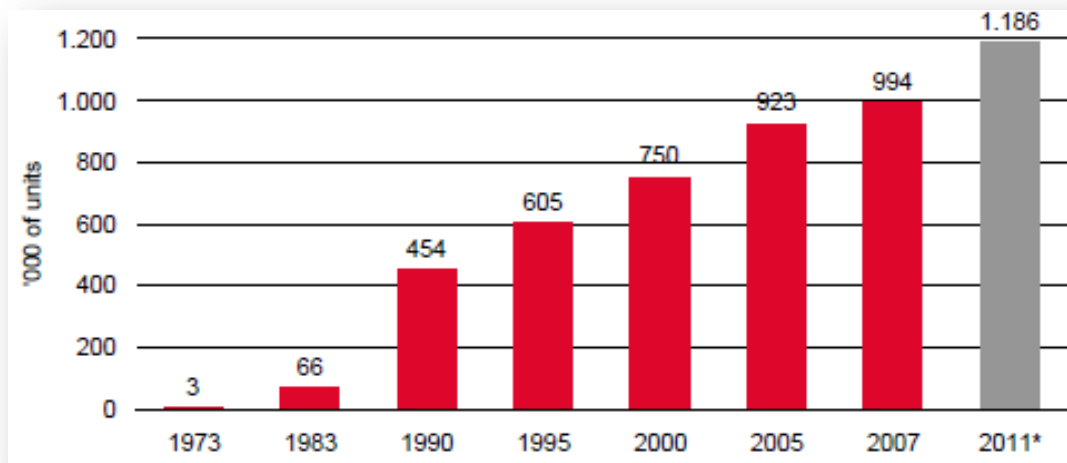


Figura II. 20: Previsión de la demanda de robots industriales

Entre 2009 y 2011 se puede esperar un crecimiento en la instalación de nuevos robots aproximadamente del 4% por año en todo el mundo. Estancamiento o solo crecimiento lento, las inversiones del sector del automóvil se compensarán - hasta cierto punto - por más vigorosa demanda en todas las demás industrias. En Europa y en las Américas, el promedio de crecimiento será alrededor del 3% por año, y en Asia / Australia 5% por año.

En cuanto a los propios robots industriales también se tienen a realizar mejoras en la tecnología de los sensores, como en la visión del robot, los sensores de par y de reconocimiento del medio, lo cual mejorara los controles de calidad e inspección. Se prevé mejoras en las comunicaciones tales como la operación remota y mejores interfaces hombre-máquina, por lo que se abren nuevas vías para las pequeñas y medianas empresas. Mejoras en la tecnología del sistema, tales como la programación fuera de línea (sistemas virtuales), en la seguridad y en la cooperación multi-robot garantiza sofisticadas soluciones para la automatización de procesos.

2.4 Procesos robotizados de ensamblaje

El ensamble mediante robots ha ampliado la capacidad de producción en la fabricación mundial. El proceso de montaje es más rápido, más eficiente y preciso que nunca. Los robots han preservado a los trabajadores de tediosos y aburridos empleos en línea de montaje, y han incrementado la producción y el ahorro costes en el proceso.

2.4.1 Concepto

Ensamblaje es el proceso mediante el cual se unen componentes para formar un producto, siguiendo los siguientes pasos. Hay dos métodos diferenciados de ensamblaje:

- Métodos de unión permanente:
 - Soldadura (al arco, láser, ultrasónico, plástica, etc.)
 - Pegado
 - Sellado

- Métodos de unión semipermanente:
 - Atornillado
 - Remachado
 - Anclaje o enganche automático

Es difícil no pensar en un robot como una herramienta, rápida, precisa, e incansable. No obstante lo que puede resultar fácil para un ser humano a la hora de montar o ensamblar puede ser difícil o imposible para un robot. Para garantizar el éxito de robótica con el montaje, los ingenieros deben adaptar sus partes, productos y procesos a los requisitos exclusivos del robot.

Un único robot no puede sujetar la pieza y a la vez la herramienta, además hay que tener en cuenta, que los robots SCARA y cartesianos sólo pueden moverse a lo largo de tres o cuatro ejes. En el caso de un robot articulado se puede llegar a conseguir hasta 6 grados de libertad. Como resultado, los productos deben estar diseñados de modo que puedan ser montados en capas de abajo hacia arriba.

En esta misma línea, los diferentes elementos deberían estar diseñados para permanecer inmóviles en el lugar de trabajo mientras son instalados por el robot. Una buena solución es, que los elementos se puedan ensamblar mediante enganche automático, eliminando la necesidad de sujeción, o la soldadura de unión más tarde. Además, como los robots no pueden moverse con la misma repetitividad sin que varíe (automatización rígida), los elementos a ensamblar deberían tener características de auto-alineado, como los bordes o chaflanes, para ayudar al robot a insertarlos. Si las piezas han de ser forzadas durante el ensamblaje conjunto, en lugar de estar en el lugar correcto, es probablemente que el robot tenga problemas, o que las piezas queden dañadas.

Las pinzas robóticas, como la usada en este PFC, no son tan flexibles o adaptables como una mano humana, por lo que algunas partes o superficies son más fáciles de agarrar para los robots que otras (caso de superficies cónicas). Por ejemplo una pieza con dos superficies paralelas puede ser manejada por una pinza de dos dedos, o una circular puede ser manejada por sus bordes exteriores o, si tiene un agujero en el centro, dentro de sus bordes. Añadir un pequeño borde a la pieza puede ayudar a un agarre fiable y a aumentar la eficiencia del sistema. Si el robot se encargará de más de un tipo de piezas las partes deben estar diseñados de modo que puedan ser manipuladas con la misma pinza.

Como de bien estén fabricadas las piezas también pueden ser un problema. Aunque los robots son flexibles, en el sentido de que puede ser programado para ensamblar diferentes productos, pueden tener dificultades para superar una incoherencia. Por ejemplo, si se tienen piezas que se fabrican a diferentes tolerancias, puede que el robot tenga dificultades para conseguir ensamblarlas con éxito. Si las piezas son entregadas en las bandejas, las piezas deben descansar en los alojamientos diseñados de forma estable y consistente. Dichos alojamientos deben proporcionar espacio para los dedos de la pinza y el robot debe ser capaz de recoger una de las piezas sin tocar ninguna otra. Equipar el robot con una pinza con auto-centrado permitirá a los ingenieros utilizar bandejas o accesorios menos precisos.

Una de las ventajas de los robots guiados por visión, es que este tipo de características propias de los sistemas de abastecimiento y montaje rígidos no son necesarias. De tal forma que las piezas entregadas al robot mediante una cinta transportadora. Mediante un sistema de visión, montado sobre la cinta transportadora o en el brazo robot, se puede saber dónde encontrar las piezas y cuál es la correcta orientación de cada una. Se tiene que tener en cuenta que para poder trabajar con un sistema de visión de manera eficaz hay que asegurarse de que las piezas tengan un aspecto visual bien definido. También se puede incluir características que permitan un fácil reconocimiento.



Figura II. 21: Robot en tareas de anclaje

2.4.2 Aplicaciones

En este PFC hemos llevado a cabo procesos de ensamblaje del tipo anclado o montaje. Las operaciones de montaje, por la gran precisión y habilidad que normalmente exigen, presentan grandes dificultades para su automatización flexible. Sin embargo, el hecho de que estas operaciones representen una buena parte de los costes totales del producto, ha propiciado las investigaciones y desarrollos en esta área, consiguiéndose importantes avances.

Muchos procesos de ensamblado se han automatizado empleando maquinas especiales que funcionan con gran precisión y rapidez. Sin embargo, el mercado actual precisa de sistemas muy flexibles, que permitan introducir frecuentes modificaciones en los productos con unos costes mínimos. Por este motivo el robot industrial se ha convertido en muchos casos en la solución ideal para la automatización del ensamblaje.



Figura II. 22: Robot ensamblando piezas

En particular, el robot resuelve correctamente muchas aplicaciones de ensamblado de piezas pequeñas en conjuntos mecánicos o eléctricos. Para ello el robot precisa una serie de elementos auxiliares cuyo coste es similar o superior al del propio robot. Entre estos cabe destacar a los alimentadores (tambores vibradores, por ejemplo), posicionadores y los posibles sensores que usa el robot para ayudarse en su tarea (esfuerzos, visión, tacto, etc.).

Estos sensores son indispensables en muchos casos debido a las estrechas tolerancias con que se trabaja en el ensamblaje y a los inevitables errores, aunque sean muy pequeños, en el posicionamiento de las piezas que entran a formar parte de él. Los robots empleados en el ensamblaje requieren, en cualquier caso, una gran precisión y repetitividad, no siendo preciso que manejen grandes cargas.

El tipo SCARA ha alcanzado gran popularidad en este tipo de tareas por su bajo coste y buenas características. Estas se consiguen por su adaptabilidad selectiva, presentando facilidad para desviarse, por una fuerza externa, en el plano horizontal y una gran rigidez para hacerlo en el eje vertical. También se usan con frecuencia robots cartesianos por su elevada precisión y, en general, los robots articulares que pueden resolver muchas de estas aplicaciones con suficiente efectividad. La dificultad inherente de este tipo de tareas obliga, en casi todos los casos, a facilitarlas con un adecuado rediseño de las partes que componen el conjunto a ensamblar. De este modo, conjuntos cuyo ensamblaje automatizado sería inabordable con su diseño inicial, pueden ser montados de una manera competitiva mediante el empleo de robots.

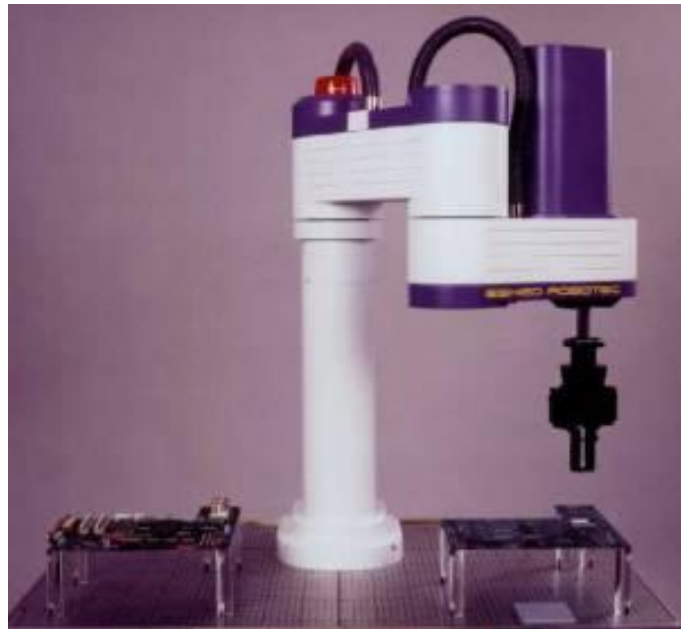


Figura II. 23: Robot SCARA fijando componentes en placas electrónicas

Para finalizar este punto comentar que los procesos de ensamble representan aproximadamente el 33% de las solicitudes de la población mundial de robots (1997). Muchos de estos robots se pueden encontrar en la industria del automóvil y la electrónica.

2.5 Procesos robotizados de mecanizado

2.5.1 Concepto

Un mecanizado es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión. Se realiza a partir de productos semi-elaborados como lingotes, barras, tochos u otras piezas previamente conformadas por otros procesos como moldeo o forja. Los productos obtenidos pueden ser finales o semi-elaborados que requieran operaciones posteriores.

- **Mecanizado por arranque de viruta**

El material es arrancado o cortado con una herramienta dando lugar a un desperdicio o viruta. La herramienta consta, generalmente, de uno o varios filos o cuchillas que separan la viruta de la pieza en cada pasada. En el mecanizado por arranque de viruta se dan procesos de desbaste (eliminación de mucho material con poca precisión; proceso intermedio) y de acabado (eliminación de poco material con mucha precisión; proceso final). Sin embargo, tiene una limitación física: no se puede eliminar todo el material que se quiera porque llega un momento en que el esfuerzo para apretar la herramienta contra la pieza es tan liviano que la herramienta no penetra y no se llega a extraer viruta. Ejemplos de este tipo de mecanizado son los procesos de: fresado, torneado, taladrado o mortajado. En este PFC se han llevado a cabo procesos de mecanizado robotizados con arranque de viruta.

- **Mecanizado por abrasión**

La abrasión es la eliminación de material desgastando la pieza en pequeñas cantidades, desprendiendo partículas de material, en muchos casos, incandescente. Este proceso se realiza por la acción de una herramienta característica, la muela abrasiva. En este caso, la herramienta (muela) está formada por partículas de material abrasivo muy duro unidas por un aglutinante. Esta forma de eliminar material rayando la superficie de la pieza, necesita menos fuerza para eliminar material apretando la herramienta contra la pieza, por lo que permite que se puedan dar pasadas de mucho menor espesor. La precisión que se puede obtener por abrasión y el acabado superficial pueden ser muy buenos pero los tiempos productivos son muy prolongados.

Este tipo de procesos se ha desarrollado durante muchos años (siglo XIX) por máquinas tradicionales hasta la llegada de la automatización rígida, máquinas transfer, a partir de 1920. Las máquinas transfer desarrollaban el concepto de ser unidades autónomas de mecanizado, es decir máquinas automáticas diseñadas para la realización de un trabajo específico. Eran bastante laboriosas de programar para cada lote de piezas. Con el desarrollo de la electrónica a comienzo de la década de los '70 nace el concepto de control numérico que se generaliza en los años 80 y se beneficia del nacimiento y avances de la informática.

Con el control numérico y su extensión a todo tipo de máquinas nace el concepto de centro de mecanizado, que es una máquina que es capaz de realizar las funciones de otras de diferente tipo, tornea, fresa, mandrina, taladra... tiene un almacén de herramientas y es capaz de posicionar la pieza a mecanizar en las diferentes posiciones necesarias y en las diferentes colocaciones. Todo ello con un control centralizado. Las máquinas han ganado en simplicidad mecánica, primero, y en electrónica, después, al pasar los elementos de control de mecanismos mecánicos a eléctricos o electrónicos, primero, y a programación, después. Como en el caso de la informática, el hardware es sustituido por el software.

En cuanto a las herramientas, los progresos en materiales cerámicos y en los estudios de las formas geométricas han influido en un notable rendimiento de las herramientas de corte que ha mejorado ostensiblemente el trabajo realizado.



Figura II. 24: Máquina de control numérico

La unión de máquinas individuales con elementos de transporte y colocación de las piezas, como robot o pórticos, todos ellos controlados desde un sistema de control central y coordinado crean células de fabricación flexibles. A la integración de la mecánica y la electrónica se le ha dado en llamar mecatrónica. Junto al avance de los sistemas de control se ha desarrollado otro, mucho más silencioso, en referencia a los materiales de construcción de las propias máquinas, desarrollándose plásticos y resinas de dureza y flexibilidad excelentes y sistemas de motores planos que permiten mejores rendimientos en los movimientos de las piezas y herramientas.

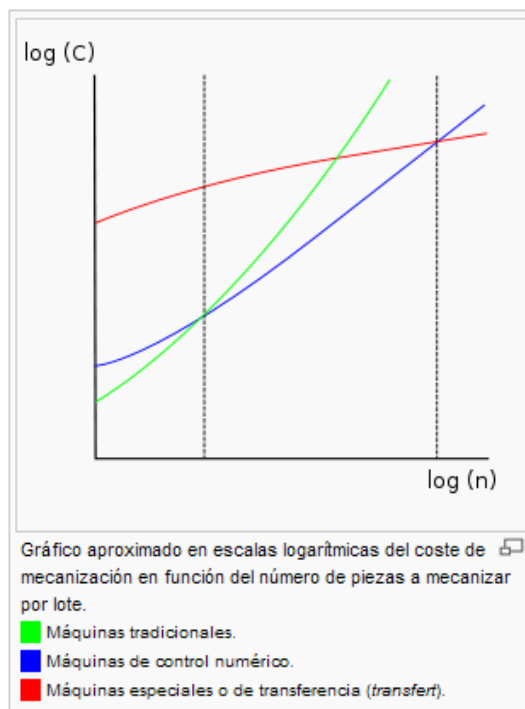


Figura II. 25: Coste de mecanizado en función de las piezas a mecanizar por lote

Como observamos en el gráfico, para lotes con un gran número de unidades las máquinas transfer tienen a reducir los costes en gran medida, ya que son sistemas automáticos diseñados a la medida de unas especificaciones muy concretas. En cuanto la producción es más variable, rango medio, observamos como las máquinas por CNC son las más adecuadas debido a su gran rapidez (no tanto como las transfer) y a su relativa facilidad de programación. Sin embargo para lotes muy pequeños, donde hay que reprogramar las máquinas cada poco tiempo adaptándolas a las nuevas especificaciones resulta más rentable un sistema tradicional.

Es en este punto donde hace hincapié la inclusión de los robots en la célula de mecanizado ya que hace el sistema mucho más flexible y reprogramable abaratando en gran medida los costes para lotes pequeños, pero sin embargo, también tiene unas características muy buenas de rapidez y automatización para grandes lotes de piezas. Esto convierte el mecanizado mediante robots en un sistema extremadamente rentable en cualquier punto de la escala de producción.

Otro tema a estudiar en las aplicaciones robóticas para la eliminación de material de forma precisa es el control de fuerza de las herramientas. Estos dispositivos de fuerza pueden ser pasivos o activos, dependiendo de la necesidad de precisión. Los sistemas pasivos se basan en el control de las especificaciones mediante lazo abierto mientras que el activo asegura el control mediante realimentación de la fuerza que el robot-herramienta (puede que el robot controle la herramienta o mueva la pieza) ejercen sobre el material.

2.5.2 Aplicaciones

- **Fresado**

El fresado es el proceso por el cual se recorta material de una pieza (normalmente por capas) para formar una estructura específica, a menudo se trata de un prototipo o molde. Principales beneficios:

- Rendimiento: Los robots mediante su gran capacidad para generar diversas trayectorias pueden realizar con eficiencia este tipo de operaciones. Las células de trabajo pueden tener varias herramientas accesibles al robot para realizar mayor nº de operaciones, de esta forma se acelera los tiempos de ciclo.
- Precisión: El fresado requiere cortes exactos, fácil de proporcionar con robots.
- Flexibilidad: Los robots tienen una gran movilidad lo que les proporciona características muy buenas para conseguir realizar múltiples pasos.
- Asequibilidad: Los robots son rápidos, eficientes y seguros, una unión de características que los hacen muy rentables.

Para ciertas aplicaciones de fresado multi-ejes usar un centro de mecanizado tradicional de control numérico puede ser desmesurado. Se incluye el fresado de materiales complicados, como la arcilla, espuma o cera para el diseño de nuevos prototipos, así como los materiales tradicionales en los que las tolerancias dimensionales tengan que ser bajas. En estos casos, un robot podría ser más asequible y rentable que un centro de mecanizado. Pueden ser más útiles en piezas de gran tamaño, tales como chasis a escala de automóviles o componentes para estos a tamaño completo.



Figura II. 26: Fresado para la obtención de un molde

En la actualidad se desarrollan sistemas que consiguen el control del movimiento del robot directamente a partir de un modelo CAM, generándose automáticamente el código de mecanizado que seguirá el robot. Esta forma de operar puede ofrecer importantes ahorros de tiempo y también permitir que los cambios realizados a los datos de corte sobre el modelo real puedan ser guardados directamente en el modelo CAM. Estos sistemas disponen de una gran capacidad de programación, similar a una máquina de CNC, pero unos valores inferiores de aceleración cuando se producen cambios de dirección bruscos. El controlador también es capaz de anticipar posibles singularidades, adaptando la trayectoria sin tener que levantar la herramienta de corte de la pieza.



Figura II. 27: Ejemplo de funcionamiento de fresado mediante robot

La robotización del fresado puede abrir nuevas oportunidades para las tareas de corte de metal ligero, con tal de que el robot puede proporcionar suficiente rigidez y capacidad de carga útil.

- **Desbarbado**

En cualquier proceso de mecanizado por arranque de viruta quedan siempre pequeñas irregularidades, o rebabas, que hacen que la pieza en cuestión no obtenga la calidad, estética o acabado deseados.

Se ha producido cierta alerta sobre los problemas de salud y seguridad que puede conllevar los trabajos manuales de desbarbado, como el síndrome de los “dedos blancos” (adormilamiento permanente), debido a las vibraciones de las herramientas. Además un trabajo tan tedioso muchas veces se termina traduciendo en pérdida de la calidad en el acabado. Algunos fabricantes de automóviles están reemplazando o volviendo a evaluar el proceso manual de desbarbado por uno robótico automatizado mucho más preciso. Con un sistema robotizado de desbarbado se reducen mediante la eliminación de problemas de seguridad y salud. Al mismo tiempo se incrementa la calidad y se reducen los tiempos de ciclo, luego aumenta la productividad.

En la industria automovilística sirve para el desbarbado de los bloques y culatas de aluminio, llantas de aluminio, fibra de vidrio de asientos de seguridad para niños o diferentes piezas para la dirección o la caja de cambios, también para válvulas de acero, alabes de las turbinas o hasta cucharas de plata. La robotización del desbarbado no es una tarea fácil.



Figura II. 28: Desbarbado de una llanta para automóvil (izquierda) y desbarbado de cremalleras de aluminio y alojamiento para piñones (derecha)

- **Perforación**

Los procesos de taladrado realizados mediante robots ofrecen la mejor alternativa al agotador y a menudo peligroso taladrado manual. No sólo las compañías han mejorado la precisión de perforación, la repetitividad y la velocidad, sino que han aumentado la productividad y el ahorro. Los beneficios de esta aplicación y el elevado ROI (ratio entre los costes y los beneficios en la investigación) hacen que este sistema sea una excelente inversión.

A diferencia del trabajo de taladrado manual, los robots pueden estar taladrando sin parar. Esto aumenta la producción de salida, ya que los ciclos de perforación se producen de forma más rápida y fiable. Se reducen costes que normalmente deberían gastarse.

Un sistema robotizado de perforación y remachado se utiliza en la actualidad en la división estadounidense de helicópteros SeaHawks y BlackHawks. El robot está equipado con frenos en cinco de sus seis ejes de movimiento para tener una buena estabilidad durante las operaciones de perforación y remachado. La remachadora se une al efector final a través de una placa que permite que el dispositivo se adapte a los pequeños errores en la posición inicial del robot durante el proceso de inserción del remache. El sistema está dirigido por un ordenador que actúa como control de supervisión. El software está programado fuera de línea de forma que los diferentes datos sobre los procesos de ensamblaje que se producen quedan guardados en memoria

Una posible aplicación puede ser el uso de micro-robots para operaciones de taladrado ultra-precisas, como en el sistema de robots “insectos” desarrollado por la universidad de electrónica de Tokio. La demanda de maquinas con mucha mayor precisión ha sido la causa del desarrollo de estos mecanismos que pueden cubrir una amplia gama de trabajos sofisticados. Estos robots se componen de elementos piezoeléctricos para la micro locomoción y de electroimanes para la sujeción. Tienen baja producción y bajos gastos de mantenimiento. Además permiten trabajar simultáneamente para las tareas más complicadas. En este caso su aplicación será la micro perforación, donde muchos robots con instrumentos finos de taladro se controlan simultáneamente. Esta aplicación puede tener un gran potencial en sectores como la electrónica, en placas con micro-tecnología.

Otra posible aplicación como se muestra en la siguiente figura, es el taladrado para la realización de moldes. El componente que se muestra en la imagen es una fracción de un molde para neumáticos. El proceso robotizado perfora más de 200 puntos de 5mm de diámetro en el molde de 100 mm de profundidad. En el pasado, los taladros profundos se realizaban de forma manual dando lugar a agujeros no alineados y con alguna rotura. Mediante el uso de la robótica y el control de las herramientas de mecanizado, se ha mejorado enormemente la duración de las piezas y la precisión en la posición de los taladros.



Figura II. 29: Taladrado de un molde de neumáticos

- **Acabado**

Operaciones para la finalización de piezas, como son el abrillantado, el lijado, o el pulido son muy comunes en la mayoría de los procesos de fabricación. Cubre un rango de aplicaciones que puede llegar a ser de superficies duras, con métodos abrasivos, tales como son los que se utilizan para suavizar el acero. También para elementos que necesitan una gran precisión y cuidado para la eliminación de material, como por ejemplo en joyas. Los principales beneficios son:

- *Precisión:* El robot muele, alisa, y lima piezas de metal con precisión.
- *Calidad:* Estos sistemas pueden eliminar material con la misma calidad cada vez que se utilice.
- *Fiabilidad:* Gran productividad con mayor rendimiento.
- *Ahorro:* Dada su rentabilidad suelen ahorrar costos.



Figura II. 30: Lijado del guardabarros de una moto

Estos sistemas para lograr un gran acabado se emplean también en los brazos para la suspensión de las Harley-Davidson, ya que es un proceso bastante complicado debido a las superficies con contornos mezclados. Con un sistema manual se terminan 7 al día mientras que con un sistema robotizado para el pulido se completan 7 piezas por hora, lo que significa un aumento significativo en el rendimiento.



Figura II. 31: Pulido de un alerón para automóvil

Los alerones para automóvil se terminan con un gran volumen de trabajo en una célula robotizada. Este moldeado de plástico tiene que trabajar palpando alrededor de los bordes y deben ser suavizados para los procesos de impresión y pintura finales. Estos sistemas necesitan un sistema de control para la presión muy preciso.

Un proceso similar se utiliza para la finalización de los chasis de los automóviles, ya que hoy en día estos cuerpos metálicos siguen diferentes trazas redondeadas en la superficie, por lo que es difícil precisar una trayectoria fija sin sistemas de control lo bastante precisos.



Figura II. 32: Lijado de la parte trasera del chasis de un coche



III. DESCRIPCIÓN DE LA CÉLULA ROBOTIZADA

3.1 Descripción general de la célula de fabricación flexible robotizada

En este apartado se va a realizar una descripción general del concepto de célula de fabricación flexible robotizada para obtener una primera idea sobre este sistema de fabricación [7].

Tradicionalmente los sistemas clásicos de fabricación tienen altos rendimientos para grandes series, pero productividades muy bajas y elevados costes para los lotes pequeños. Por tanto es necesario replantear los métodos y tecnologías de fabricación, definiendo un nuevo sistema que convine un alto nivel de productividad, una amplia variabilidad en la fabricación y permita reducir los costes. La respuesta tecnológica a esta necesidad la constituyen los sistemas de fabricación flexible.

Este tipo de fabricación consiste en un sistema que mediante determinados procesos bajo control automático y la intervención de robots industriales, transforma unos productos de partida en una amplia variedad de productos finales dentro de una gama determinada. Su característica más importante es la flexibilidad, es decir, la sencillez con la que se puede variar su volumen de producción, la simplificación que permite en el control de stocks, y la facilidad con la que se puede corregir posibles fallos o incluso modificar el producto.

El funcionamiento de la célula se logra mediante el empleo de tecnologías propias de este tipo de sistema de fabricación, como son: la sensórica, la informática, la programación, los autómatas programables, las comunicaciones industriales, la neumática, la hidráulica, la robótica, las interfaces de comunicación con PLCs, el software de control de procesos, la visión artificial etc....

Dentro de una planta de fabricación flexible se pueden encontrar:

- a) Unos equipos de producción automáticos con cambio automático de piezas y herramientas que les permite trabajar autónomamente, sin necesidad de operarios a pie de máquina.
- b) Un sistema de mantenimiento y transporte automáticos, tanto para piezas como para herramientas, tanto entre máquinas como entre éstas y los almacenes.

- c) Una entrada al azar de distintas piezas dentro de una gama más o menos amplia predeterminada, con sistemas de identificación de las mismas y, en correspondencia, una selección de los procesos de fabricación adecuados.
- d) Un sistema de monitorización y control informatizado para la coordinación de todo el proceso.
- e) Un sistema de gestión de materiales, máquinas, herramientas, dentro de la filosofía actual del “just in time”.

Algunos de los beneficios obtenidos mediante el empleo de este sistema de fabricación son los siguientes:

- Disminuir los tiempos muertos.
- Reducir considerablemente los tiempos de preparación de máquina.
- Permitir turnos de funcionamiento automático.
- Aumentar la calidad, a la vez que reducir el número de productos defectuosos.
- Eliminar los stocks de piezas intermedias.
- Reducir los stocks de materias primas y de productos terminados.
- Disminuir las superficies ocupadas por instalaciones y almacenamientos.
- Obtener información del desarrollo del proceso en tiempo real.
- Sustituir los operarios en las tareas rutinarias y peligrosas.

3.2 Descripción de las áreas de la célula

La célula de fabricación flexible robotizada diseñada en este Proyecto, está dividida en tres áreas distintas que trabajan conjuntamente y que contienen los sistemas necesarios para llevar a cabo los procesos requeridos de mecanizado y ensamblado, mediante los cuales se elaboran los productos deseados del sector de la construcción. En la siguiente figura, podemos ver el esquema de la célula, donde se pueden apreciar claramente las tres áreas en las que está dividida, así como el camino que sigue el material desde que entra hasta que sale:

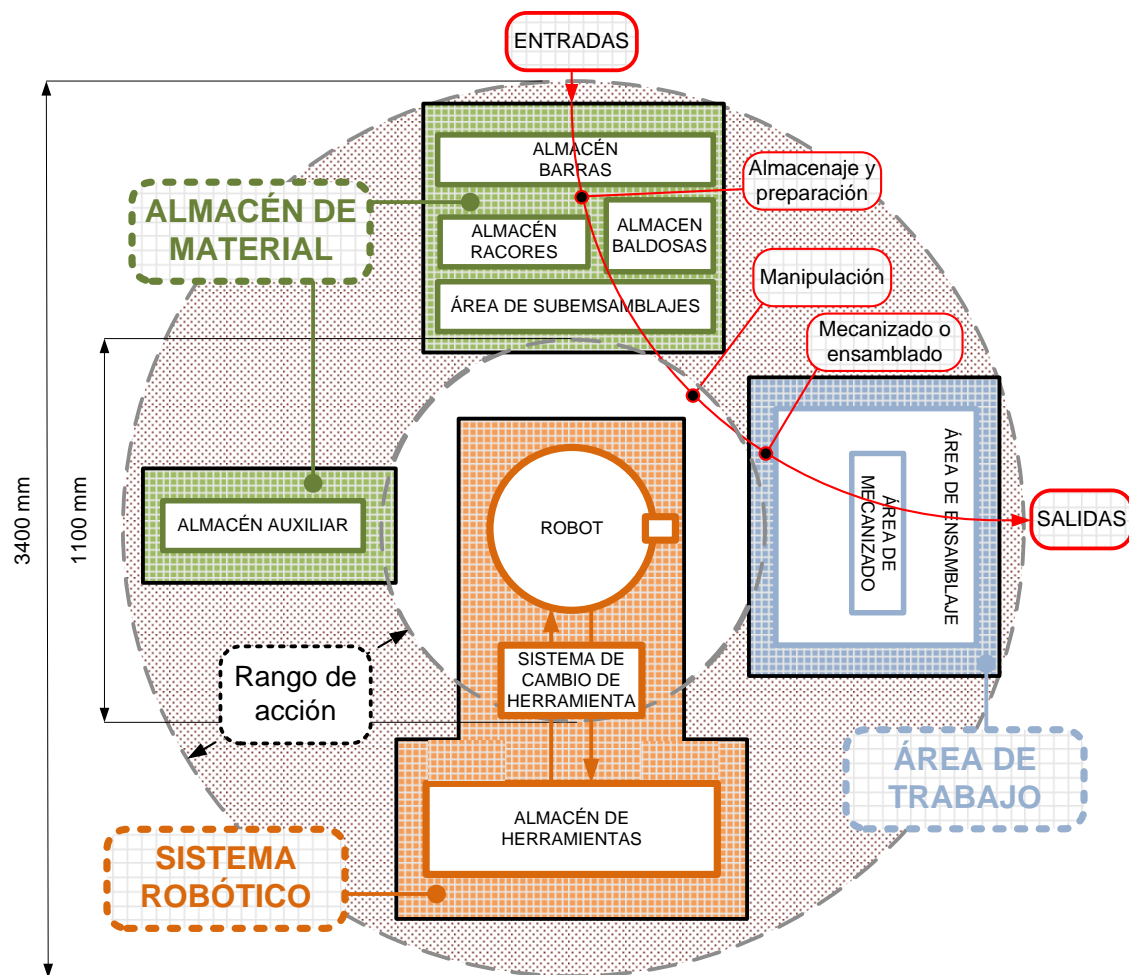


Figura III.1: Layout de la célula

En los próximos apartados se realiza la descripción de cada área vista en el layout de la célula en la Figura III.1. Se comienza describiendo el área del sistema robótico, ya que es el más importante, y posteriormente se describen el área de almacén de material y el área de trabajo.

3.2.1 Área del sistema robótico

La célula de fabricación flexible robotizada tiene un robot industrial en el centro de su estructura mecánica, encargado tanto de manipular el material como de mecanizarlo y ensamblarlo. El espacio ocupado por el resto de las áreas está limitado por su rango de acción como se puede apreciar en la Figura III.1 .

Los procesos realizados en la célula se llevan a cabo mediante el empleo de distintas herramientas de trabajo controladas y manejadas por el robot, tales como herramientas de transporte de material, de ensamblado, de mecanizado etc.

Para que el robot pueda trabajar con distintas herramientas, se ha implementado un sistema de cambio automático de herramienta, con lo que se consigue una mayor flexibilidad en lo que a diversidad de trabajos a realizar se refiere.

Dichas herramientas deben ser almacenadas en un almacén de herramientas mientras no estén siendo utilizadas por el robot. Este almacén está situado dentro del rango de acción a una distancia próxima al robot, como se puede ver en la Figura III.1, para que éste pueda realizar los procesos de cambio de herramienta en el menor tiempo posible, mejorando el funcionamiento general de la célula.

Al conjunto brazo robot, herramientas, sistema de cambio de herramienta y sistema de almacenaje se le ha llamado sistema robótico y constituye el área principal de la célula.

3.2.2 Área de almacén de material

Como se puede apreciar en el camino que recorre el material en la Figura III.1, esta área es la entrada de material a la célula de fabricación flexible robotizada donde se realizan dos funciones diferentes: la de almacenaje y la de preparación.

El almacenaje se realiza por sectores, dividiendo todo el material empleado en la célula, en almacenes más pequeños donde se agrupan elementos de características semejantes. Por un lado, se almacenan las barras y racores que componen el módulo de aguas que se quiere ensamblar y por otro las baldosas que se quieren mecanizar. Además, existe un almacén auxiliar para productos intermedios del proceso de ensamblaje. Todos estos almacenes contienen los sistemas necesarios para un correcto posicionamiento del material dentro de esta área.

Por otro lado, la preparación del material consiste en realizar diversos subensamblajes para mejorar la productividad del proceso de fabricación del módulo de aguas ahorrando tiempo en el transporte de material al área de trabajo. Este trabajo se lleva a cabo mediante distintos sistemas de guiado y sujeción para un correcto ensamblaje de los elementos involucrados.

El área de almacén de material está situada dentro del rango de acción del robot, como se puede ver en la Figura III.1, para que éste pueda manipular todo el material almacenado y realizar los diferentes trabajos de preparación, y ocupa el espacio suficiente para albergar todos los sistemas mencionados.

3.2.3 Área de trabajo

De nuevo, observando el camino que recorre el material en la Figura III.1, se aprecia que esta área es la salida de los productos terminados de la célula de fabricación flexible robotizada, los cuales se llevan a cabo mediante dos trabajos distintos: el proceso de ensamblado del módulo de aguas y el proceso de mecanizado de baldosas, realizados ambos en sus correspondientes áreas.

Para el proceso de ensamblado del módulo de aguas, esta área cuenta con los sistemas de guiado y sujeción necesarios para lograr el correcto ensamblaje de los materiales, al igual que el área de almacén para realizar los subensamblajes.

Por otro lado, para realizar el proceso de mecanizado de baldosas, esta área cuenta con los sistemas de sujeción necesarios para el agarre del material que se quiere trabajar para lograr un correcto mecanizado.

Las dimensiones de esta área son necesarias para albergar todos los sistemas mediante los cuales se logra el correcto funcionamiento de los procesos realizados, y está situada dentro del rango de acción del robot como se puede apreciar en la Figura III.1, de manera que el robot pueda trabajar en ella con gran libertad de movimiento.



IV. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS PRINCIPALES DE LA CÉLULA ROBOTIZADA

4.1 Robot IRB2400-16 de ABB

4.1.1 Introducción

El IRB 2400 es un robot industrial de 6 ejes diseñado específicamente para industrias de fabricación que utilizan una automatización flexible basada en robots. El robot tiene una estructura abierta especialmente adaptada para un uso flexible y presenta unas grandes posibilidades de comunicación con sistemas externos. En la siguiente figura se pueden ver tanto el robot como su controlador IRC5 [8]:



Figura IV.1: Robot IRB2400-16 y su controlador IRC5.

El robot está equipado con el software de control de robots RobotWare. RobotWare y BaseWare OS controlan todos los aspectos del sistema de robot, como el control de los movimientos, el desarrollo y la ejecución de programas de aplicación, la comunicación, etc.

El IRB 2400 ofrece mayores volúmenes de producción y menores tiempos de entrega para los productos que fabrica el cliente, gracias a las características que se muestran a continuación:

- **Fiable:** IRB 2400 es el robot industrial más popular del mundo. La robusta fabricación y el uso de un número mínimo de componentes contribuye a su alta fiabilidad y a los largos periodos entre operaciones de mantenimiento.
- **Rápido:** Gracias al control de movimiento, exclusivo de ABB, optimiza la aceleración y la deceleración, lo que se traduce en la menor duración posible de los ciclos.
- **Preciso:** El mejor en su clase por lo que se refiere a la precisión del recorrido y la repetitividad de la posición ($RP = 0,06 \text{ mm}$), con lo que se logra una calidad uniforme de las piezas producidas.
- **Resistente:** La capacidad de carga es de 20 kg, y su radio de acción máximo es de 1,810 m.
- **Robusto:** Con clasificación IP 67, lavable a vapor y con la opción “Foundry Plus”. Para fabricación en ambientes exigentes.
- **Versátil:** Todos los modelos se ofrecen con posibilidad de montaje invertido, para lograr una integración y fabricación aun más flexibles.

El IRB 2400, proporciona unas prestaciones excelentes para la manipulación de materiales, la asistencia a la mecanización y las aplicaciones de procesos. Sus principales campos de aplicación son: soldadura por arco, montaje, limpieza de piezas fundidas, corte/desbarbado, inyección de metales a presión en molde, pegado/sellado, rectificado/pulido, asistencia para mecanización, manipulación de materiales, embalaje...

En la siguiente figura podemos ver las vistas lateral posterior y superior del manipulador (dimensiones en mm):

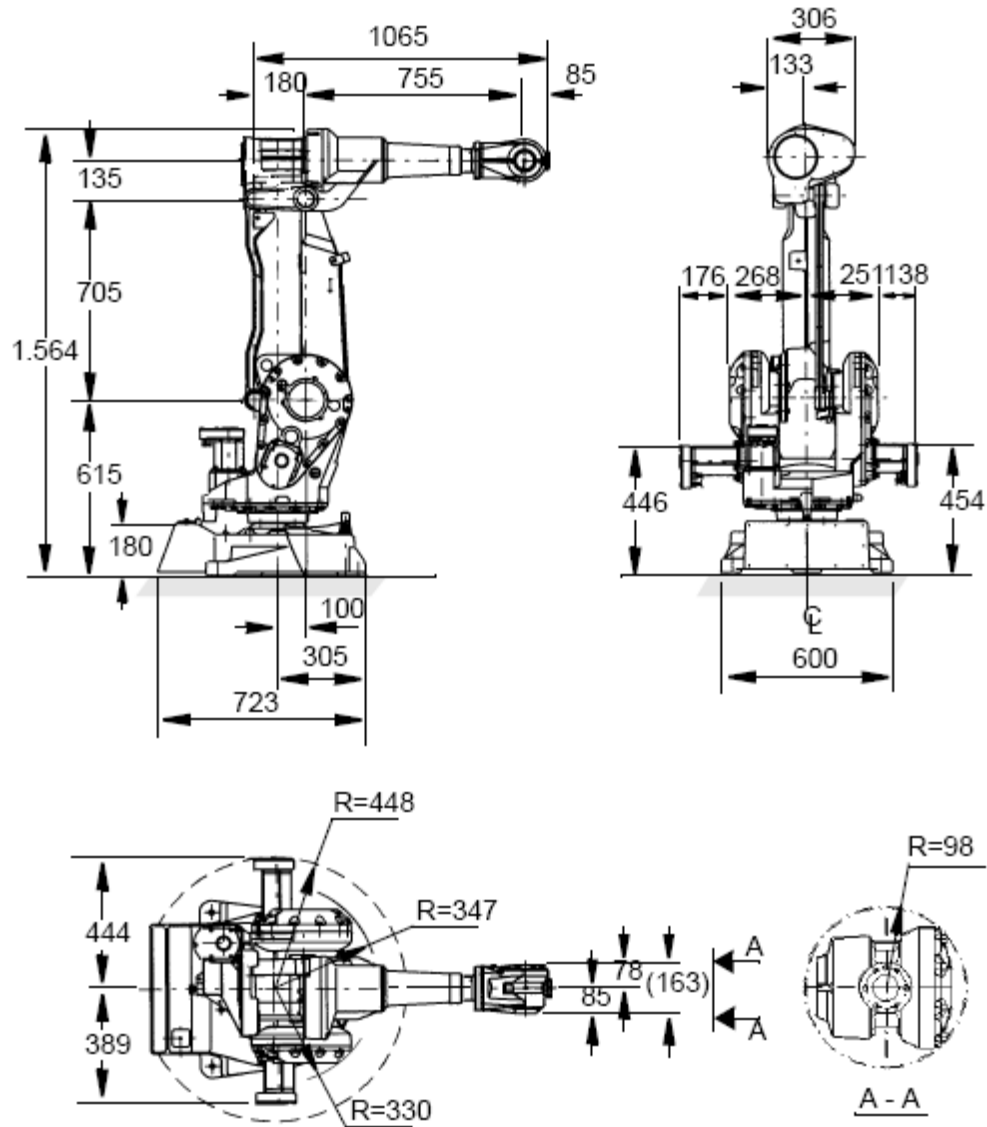


Figura IV.2: Dimensiones del robot.

4.1.2 Instalación

El robot puede montarse sobre el suelo o en posición invertida. Para el anclaje del robot, en cualquiera de las dos posiciones, la base cuenta con los elementos de fijación mostrados en la siguiente figura:

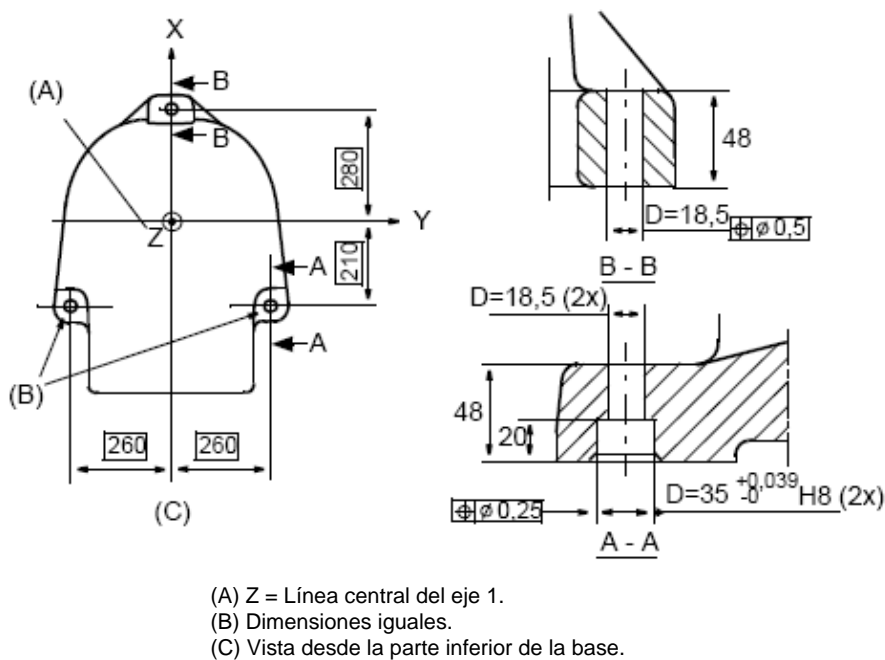


Figura IV.3: Elementos de fijación del robot.

Es posible fijar a la brida de montaje (eje 6) un elemento terminal con un peso máximo de 16 kg, incluida su carga útil. Consulte el apartado 4.1.3 Diagrama de carga para más información sobre la carga admitida por el robot. Además, es posible montar otros equipos en el brazo superior con un peso máximo de 12 kg, o en la base con un peso máximo de 35 kg. En cuanto a los orificios para el montaje de equipo adicional, consulte el apartado montaje de equipos.

El área de trabajo de los ejes 1 y 2 puede limitarse mediante topes mecánicos, y la del eje 3 mediante interruptores de límite. Es posible instalar interruptores de posición en el eje 1 para indicar la posición del manipulador.

4.1.3 Diagrama de carga

Es muy importante definir siempre los datos de carga reales y la carga útil correcta del robot. Una definición incorrecta de los datos de carga puede dar lugar a la sobrecarga del robot, dañando los motores, las cajas reductoras y la estructura mecánica.

A continuación se muestra el diagrama de carga, que representa el máximo peso permitido para el montaje de una carga en la brida de montaje con distintas posiciones del centro de gravedad, donde el eje Z corresponde a la distancia a lo largo del eje perpendicular a la brida del robot desde dicha brida hasta el centro de gravedad, y el eje L corresponde a la distancia en el plano X-Y desde el eje Z hasta el centro de gravedad.

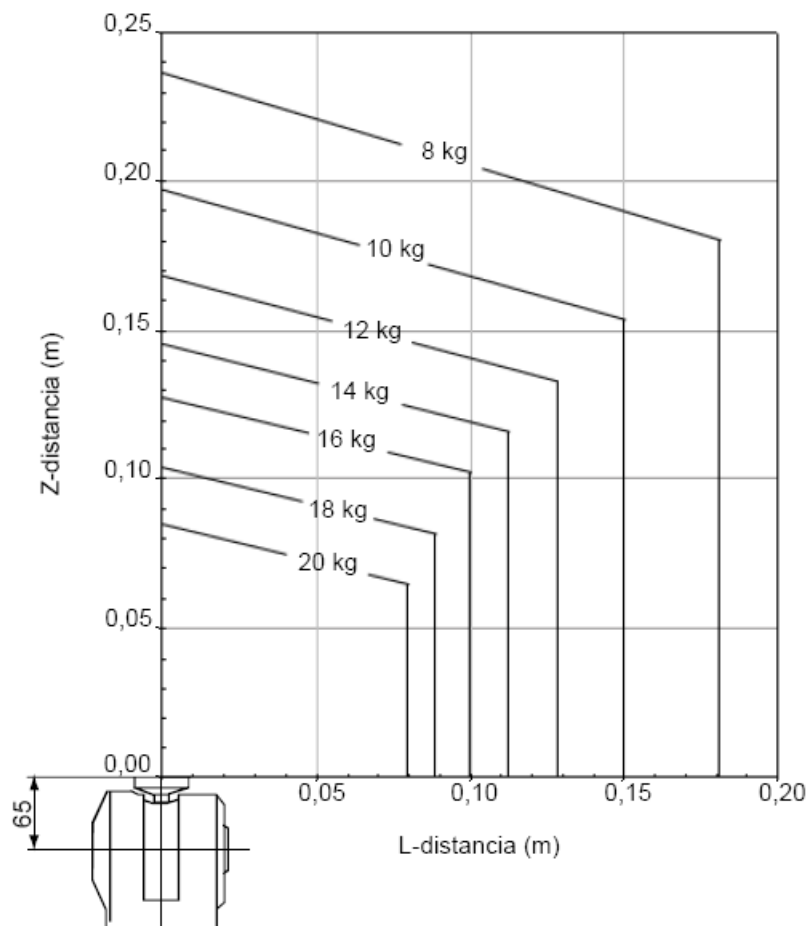


Figura IV.4: Diagrama de carga del robot.

4.1.4 Montaje de equipos

- **Montaje de equipos adicionales**

El robot cuenta con orificios roscados en el brazo superior y en la base, para el montaje de equipos adicionales. En la siguiente figura, se muestran dichos orificios, así como el peso máximo y las posiciones permitidas del centro de gravedad para cualquier equipo adicional montado en los orificios (dimensiones en mm).

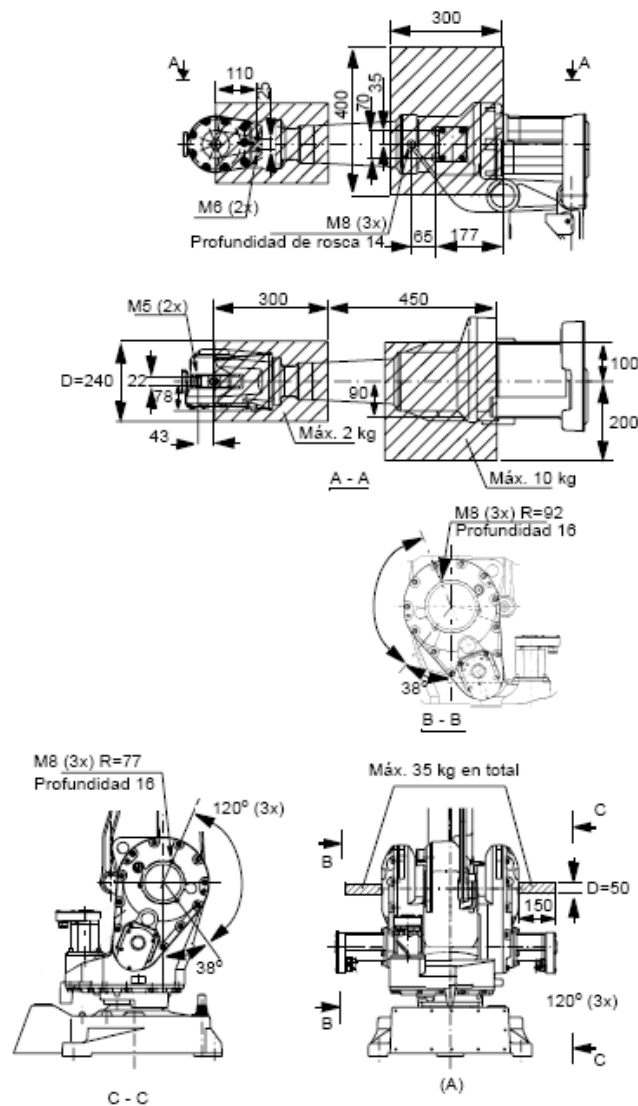


Figura IV.5: Montaje de equipos adicionales en el robot.

- **Montaje de herramientas**

La muñeca es el elemento terminal del robot donde se debe acoplar la herramienta con la que se quiere que trabaje dicho robot. En la siguiente figura se muestra el sistema de fijación de la muñeca:

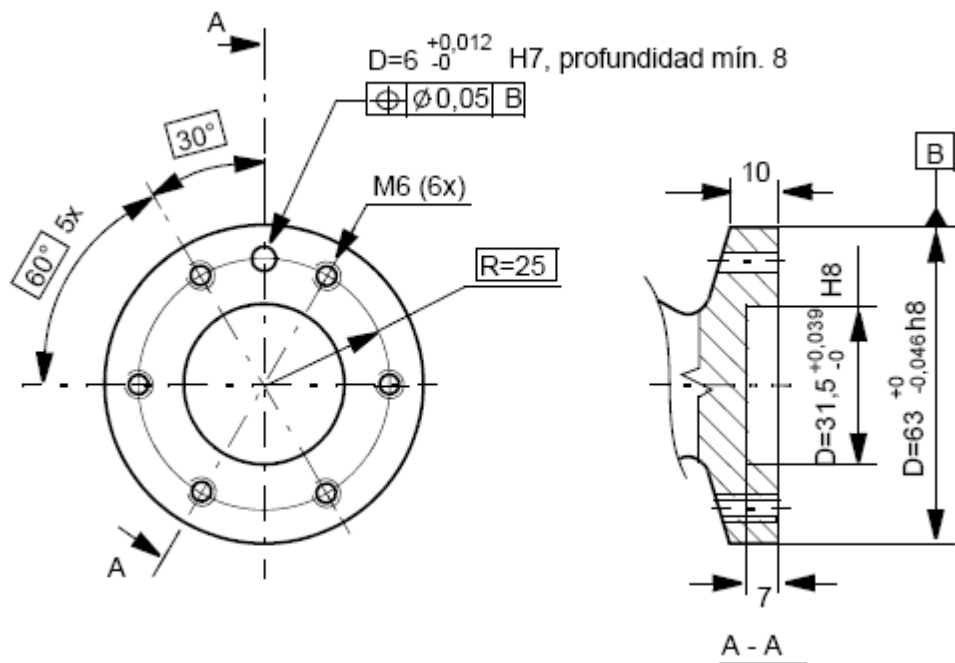


Figura IV.6: Sistema de fijación de la muñeca del robot.

Se observa que la muñeca tiene seis orificios roscados para la fijación de la herramienta, y dos registros de posicionamiento consistentes en una circunferencia interior de 31.5 mm de diámetro, y una fija de 6 mm de diámetro. Dichas especificaciones habrá que tenerlas en cuenta a la hora de diseñar la brida que acople la herramienta al robot.

4.1.5 Movimientos y alcance del robot

El área de trabajo es la misma tanto en una instalación sobre el suelo como en posición invertida. En la siguiente figura se observan los seis ejes del manipulador y en el cuadro se muestra tanto el rango de giro como la velocidad de cada eje:

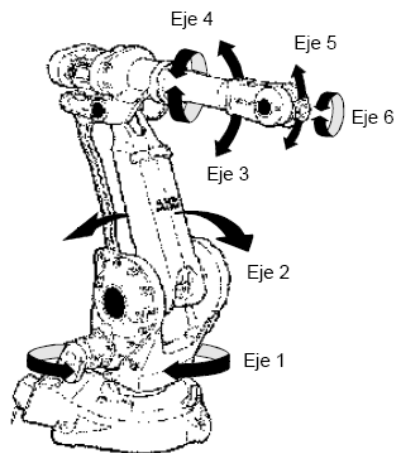


Tabla IV.1: Movimientos del robot.

Eje	Rango de movimiento	Máxima velocidad de giro
1	De $+180^{\circ}$ a -180°	$150^{\circ}/s$
2	De $+110^{\circ}$ a -100°	$150^{\circ}/s$
3	De $+65^{\circ}$ a -60°	$150^{\circ}/s$
4	De $+200^{\circ}$ a $-200^{\circ} *$	$360^{\circ}/s$
5	De $+120^{\circ}$ a -120°	$360^{\circ}/s$
6	De $+400^{\circ}$ a $-400^{\circ} *$	$450^{\circ}/s$

Figura IV.7: Ejes del robot.

Estos rangos de giro para cada eje definen un rango de trabajo representada en la siguiente figura:

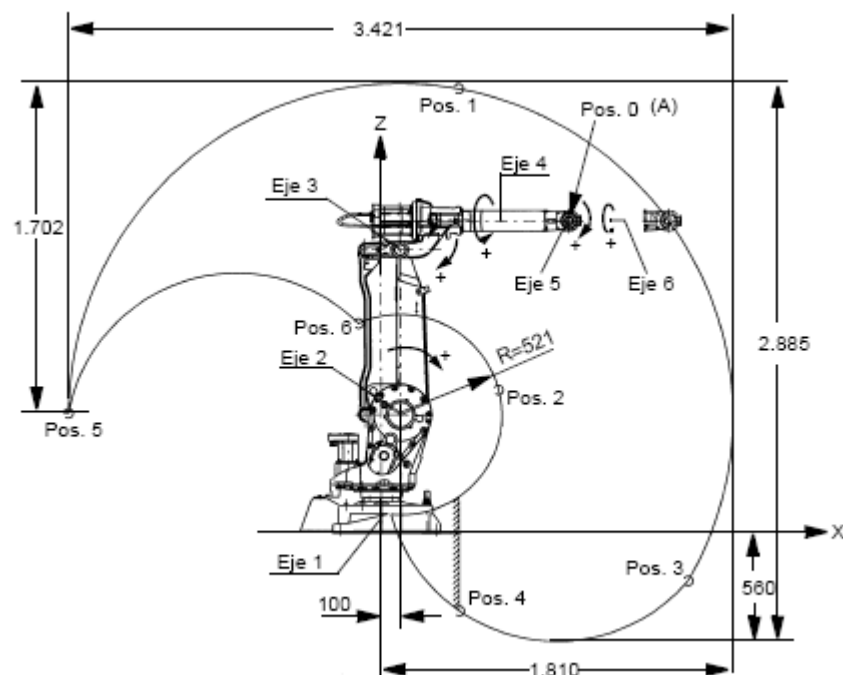


Figura IV.8: Rango de trabajo del robot.

4.1.6 Mantenimiento

El robot requiere únicamente un mantenimiento mínimo durante su funcionamiento. Se ha diseñado para permitir el servicio técnico más sencillo posible:

- Se utilizan motores de CA sin mantenimiento.
- Se usa aceite como lubricante de las cajas reductoras.
- El encaminamiento de los cables se ha optimizado para conseguir la máxima longevidad. Además, en el caso poco probable de una avería, su diseño modular permite sustituirlos fácilmente.

Se requieren las siguientes operaciones de mantenimiento:

- Una vez al año, cambiar el filtro de la refrigeración de la unidad de accionamiento.
- Cada tres años, sustituir las baterías.
- Cambiar el aceite de la muñeca después del primer año y cada cinco años a partir de entonces.

Los intervalos de mantenimiento dependen del uso del robot. Para obtener información detallada sobre los procedimientos de mantenimiento, consulte la sección Mantenimiento del Manual del producto.

4.1.7 Controlador IRC5

- **Introducción**

El controlador IRC5 es un controlador de robot de ABB de quinta generación, el cual contiene los elementos electrónicos necesarios para controlar el manipulador, los ejes adicionales y los equipos periféricos. Consiste en un único armario de medidas 970 x 725 x 710 mm y 150 kg de peso, que contiene los siguientes módulos:

- **Módulo de accionamiento**, que contiene el sistema de accionamiento que proporciona la energía necesaria a los motores.

- **Módulo de control**, que contiene el ordenador, el panel de control, el interruptor de alimentación, las interfaces de comunicación, una tarjeta de entradas y salidas digitales, la conexión para FlexPendant, los puertos de servicio y cierto espacio libre para equipos del usuario. El ordenador cuenta con 4 ranuras PCI para tarjetas de expansión. El controlador también contiene el software de sistema, es decir RobotWareOS, que incluye todas las funciones básicas de manejo y programación (Rapid).

Además, el IRC5, cuenta con una unidad de interfaz portátil de diseño ergonómico con pantalla táctil que facilita la comunicación hombre-máquina. Se trata del FlexPendant, el cual se detallará más adelante.

- **Panel de control**

El panel de control, mostrado en la figura siguiente, es el elemento donde se localizan tanto los mandos de control del IRC5 accesibles por el usuario, como elementos auxiliares de comunicación temporización, etc....

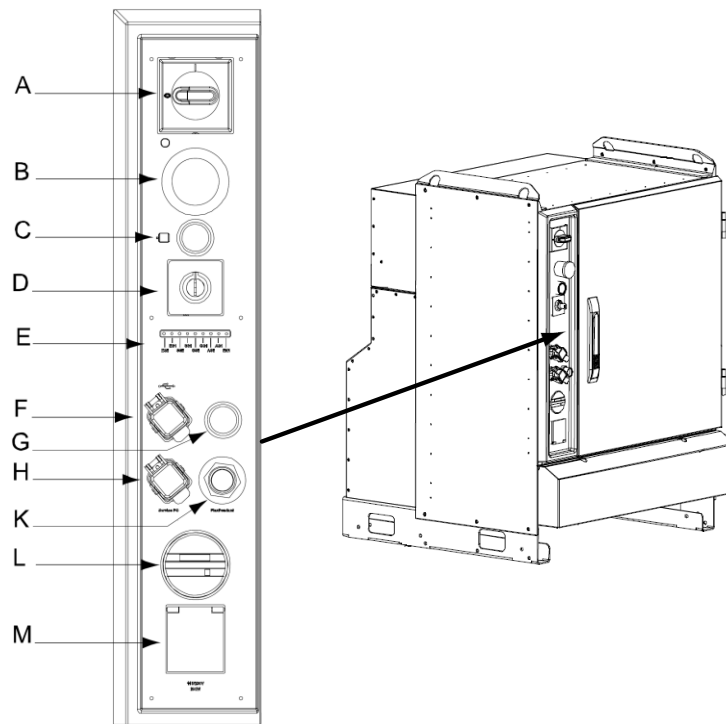


Figura IV.9: Panel de control del IRC5.

En la siguiente tabla se muestra una lista de los elementos señalados en la figura anterior:

Tabla IV.2: Panel de control del IRC5.

Elemento	Descripción
A	Interruptor principal de control de la alimentación de los módulos de accionamiento
B	Paro de emergencia. Si está introducido, tire para liberarlo.
C	MOTORES ON
D	Selector de modo de funcionamiento
E	LEDs de la cadena de seguridad (opción)
F	Conexión USB
G	Pulsador de hot plug de FlexPendant (opción)
H	Conexión de PC de servicio
K	Conexión de FlexPendant
L	Contador de tiempo de funcionamiento (opción)
M	Toma de servicio 115/230 V, 200 W (opción)

Motores ON: es una luz que nos indica el estado de los motores. Si está encendida permanentemente, quiere decir que está listo para la ejecución de programas. Si parpadea quiere decir que se ha activado uno de los paros de protección, el robot no está calibrado o los cuentarrevoluciones no están actualizados.

Modo de funcionamiento: mediante un interruptor con llave, es posible poner el robot en tres modos de funcionamiento distintos:

- Modo manual a velocidad reducida: Programación y configuración. Velocidad máxima 250mm/s. Este modo de funcionamiento se emplea cuando se está programando el robot, creando puntos y trayectorias, para lo cual puede ser necesaria la presencia del operario cerca del robot.
- Modo manual a máxima velocidad: comprobación a velocidad máxima del programa. Una vez verificado el correcto funcionamiento del programa, se debe realizar una última prueba a la velocidad real del programa
- Modo automático: Producción en funcionamiento. Una vez superada la prueba del modo manual a máxima velocidad, el robot está preparado para funcionar autónomamente en el modo automático.



Conexión de PC de servicio: mediante este conector Ethernet conectaremos el IRC5 a un PC mediante la herramienta Robotstudio Online como veremos más adelante.

Conexión USB: mediante este conector podremos cargar programas en el controlador mediante una memoria extraíble.

- **FlexPendant**

El FlexPendant es el elemento encargado de comunicar al hombre con la máquina y viceversa. Consiste en un mando, como el mostrado en la siguiente imagen, con una pantalla táctil y distintos botones con los que poder programar, configurar, e incluso monitorizar el estado del robot.



Figura IV.10: FlexPendant.

En la siguiente tabla se muestra una lista de los elementos señalados en la figura anterior:

Tabla IV.3: FlexPendant.

Elemento	Descripción
A	Pantalla táctil
B	Teclas definidas por el usuario
C	Pulsador de paro de emergencia
D	Joystick
E	Teclas de ejecución de programas
F	Dispositivo de habilitación

(A) Pantalla táctil

Pantalla táctil en color de 7,5 pulgadas que muestra textos e información gráfica. Es posible tener abiertas varias ventanas a la vez. En muchas vistas es posible ampliar y reducir la imagen. Muchas propiedades de la pantalla pueden ser configuradas por el usuario para conseguir un aspecto y una funcionalidad personalizados. Es posible invertir la pantalla y las direcciones del joystick para hacer que sea adecuado para usuarios zurdos.

(B) Teclas definidas por el usuario

Cuatro teclas definidas por el usuario que pueden configurarse para activar o restablecer una salida (por ejemplo para abrir o cerrar una pinza).

(C) Pulsador de paro de emergencia

Cuando se presiona este botón, el robot se detiene inmediatamente.

(D) Joystick

El joystick tridimensional se utiliza para mover el robot manualmente, por ejemplo durante los trabajos de programación. El usuario puede determinar la velocidad de este movimiento. Una inclinación pronunciada del joystick hace que el robot se mueva rápidamente. Una inclinación más leve hará que se mueva más lentamente.

(E) Teclas de ejecución de programas:

Teclas para iniciar y detener programas y ejecutarlos paso a paso hacia delante o hacia atrás.

(F) Dispositivo de habilitación

Durante el modo manual, un pulsador que, si está presionado hasta la mitad de su recorrido, pone el sistema en el modo MOTORES ON. Cuando se libera el dispositivo de habilitación o si es pulsado totalmente, el robot pasará al estado MOTORES OFF.

4.1.8 Robotstudio

Robotstudio es la herramienta software para la simulación y programación fuera de línea que la empresa ABB desarrolla para sus robots industriales [11]. Forma parte de una familia de productos de software que la empresa ofrece a sus clientes para mejorar su productividad y reducir costes, y que sirven de apoyo a la gestión del ciclo de vida de sus soluciones robóticas.

El controlador IRC5 trabaja con las últimas versiones de este producto. En la siguiente imagen se muestra la versión Robotstudio 5.11, la cual ofrece ventajas sobre todo de interfaz con respecto a sus predecesoras.

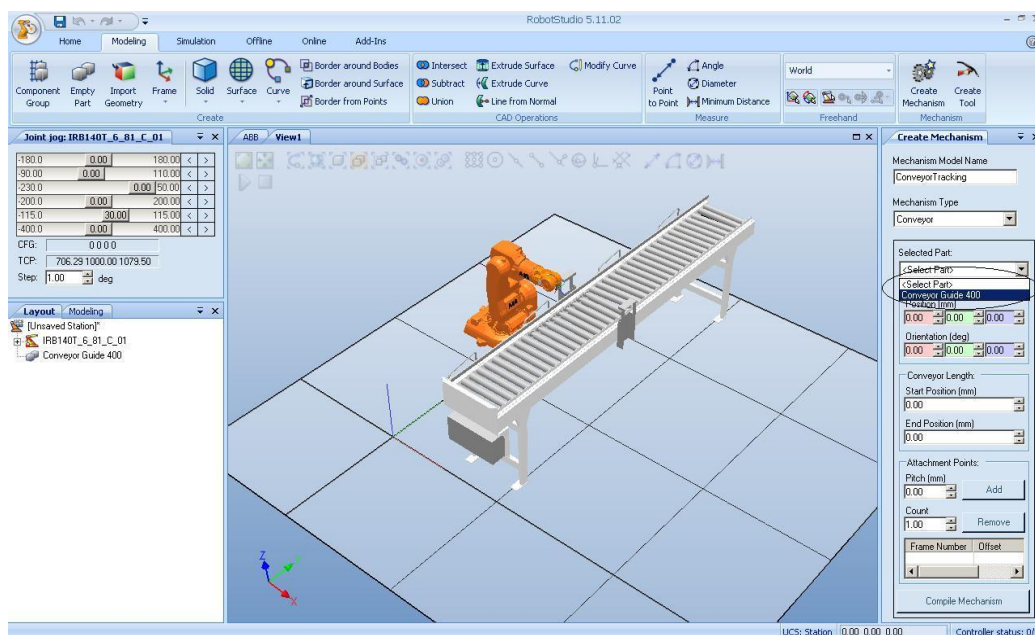


Figura IV.11: Robotstudio 5.11.

Con esta herramienta, ABB ofrece las ventajas generales de la programación fuera de línea, entre las que se pueden destacar el permitir programar los robots en PCs sin parar la producción o la posibilidad de preparar los programas con antelación, para mejorar la productividad. RobotStudio pues, incorpora herramientas que repercuten en la mejora de la rentabilidad de los sistemas, permitiendo llevar a cabo planes de formación, programación y optimización de sistemas sin parar los robots.

Esto añade muchas ventajas, incluyendo:

- Reducción de riesgos.
- Arranques más rápidos.
- Modificaciones de menor duración.
- Aumento de la productividad.

Al instalar RobotStudio en un ordenador, se instala también el controlador virtual (VC) que es una copia exacta del software real que usan los robots en la producción. Así se llevarán a cabo simulaciones muy realistas y se facilita el proceso de carga y descarga de programas del robot al PC y viceversa.

Algunas características del programa se exponen a continuación:

- **Importar CAD:** Permite importar una amplia variedad de archivos CAD (IGES, STEP, VRML, VDAFS, ACIS, CATIA). Al trabajar con datos muy exactos, se generan programas más precisos, dando una mayor calidad a los productos.
- **AutoPath™:** Esta es una de las características que permiten ahorrar más tiempo en RobotStudio. Mediante el uso de un modelo CAD de la pieza a procesar, es posible generar automáticamente las posiciones del robot necesarias para seguir la curva en pocos minutos, una tarea que de otro modo tardaría horas o días.
- **Editor de Programas:** RobotStudio incorpora el software, que permite realizar y modificar fuera de línea programas RAPID de manera rápida y sencilla (en entorno Windows), repercutiendo en ahorros de tiempo de diseño.
- **Monitor de simulación:** es una herramienta visual para optimizar el movimiento del robot. Líneas rojas indican qué objetivos se puede mejorar para que el robot se mueven en la forma más eficaz. Es posible optimizar la velocidad y aceleración del TCP, entre otros, para ganar tiempo de ciclo.
- **Autoreach™:** Permite comprobar si los puntos incluidos en el sistema son alcanzables o no con la configuración actual.
- **Teach Pendant virtual:** El programa dispone de una representación gráfica, que permite realizar todas aquellas operaciones que se pueden realizar con el real.

- **Tabla de eventos:** Utilidad para gestionar eventos como colisiones, simulación de señales I/O, mover/ocultar objetos...
- **Detección de colisiones:** El programa permite detectar colisiones de los diferentes objetos seleccionados haciendo un seguimiento de los mismos durante la ejecución de un programa.
- **VBA, Visual Basic para Aplicaciones:** RobotStudio permite usar VBA, que es una herramienta muy común y potente en aplicaciones informáticas.
- **Carga y descarga:** Todo el programa RAPID puede ser transferido del robot al software de simulación y viceversa sin necesidad de ninguna interfaz o traductor. Es una cualidad única, sólo suministrada por ABB gracias a su tecnología VirtualRobot Technology. Programar fuera de línea con dicha tecnología es como tener el robot real en el PC.



Figura IV.12: VirtualRobot Technology.

Además, Robotstudio cuenta con una herramienta para trabajar en línea con los robots, llamada Robotstudio Online. RobotStudio Online es una aplicación para PC que permite trabajar eficientemente con datos del IRC5. RobotStudio Online puede considerarse como el compañero ideal del FlexPendant, usándolos de forma que se complementan y cada uno está optimizado para sus tareas concretas. Al explotar todas las ventajas de esta potente combinación, es posible disfrutar de una nueva forma de trabajar con más eficiencia.

El FlexPendant tiene como fines principales el movimiento del robot con el joystick, la programación de posiciones, el manejo y el ajuste de movimientos, mientras

que RobotStudio Online resulta ideal para el manejo de datos de configuración, gestión de programas, documentación en línea y acceso remoto.

RobotStudio Online actúa directamente sobre los datos activos del controlador.

La conexión al controlador puede hacerse localmente a través de la conexión para PC de servicio y, si el controlador cuenta con la opción de RobotWare PC Interface, a través de una conexión de red.

Un sistema de control maestro seguro garantiza que RobotStudio Online sólo pueda tomar el control de un robot si tal operación se autoriza desde el FlexPendant. La entrada principal a la funcionalidad de RobotStudio Online es un explorador de vistas de robot. Desde él se selecciona el robot con el que se desea trabajar, si hay varios robots instalados, y las partes del sistema que se desea utilizar. RobotStudio Online contiene:

- System Builder para crear, instalar y mantener sistemas
- Un Editor de configuraciones, para editar los parámetros de sistema del sistema que se está ejecutando.
- Un Editor de programas para programación en línea.
- Una grabadora de eventos, para grabar y monitorizar los eventos del robot.
- Herramientas para realizar copias de seguridad y restauraciones de sistemas
- Una herramienta de administración para autorización de usuarios.
- Otras herramientas para visualización y manejo de propiedades del controlador y del sistema.

4.2 Herramientas

4.2.1 Pinza mecánica

La pinza mecánica es la herramienta diseñada para procesos de ensamblaje y manipulación de material mediante la presión física ejercida sobre los mismos. Su elemento principal es el modelo MHQG-40D de la marca SMC [10] descrito a continuación:

- **Introducción**

Como se señalo en el estado del arte en el CapítuloII, una función muy importante dentro de los procesos robotizados es el de ensamblaje. Para los procesos de manufactura y ensamblaje lo más común es el empleo de pinzas de agarre mecánico mediante presión neumática obtenida de un cilindro de doble efecto alojado en el interior del cuerpo. Se trata de elementos baratos, resistentes y que dependiendo del diseño de los dedos se puede adaptar a diferentes formas.

- **Descripción**

En la siguiente figura se muestra el modelo MHQG-40D identificando las partes principales descritas a continuación:

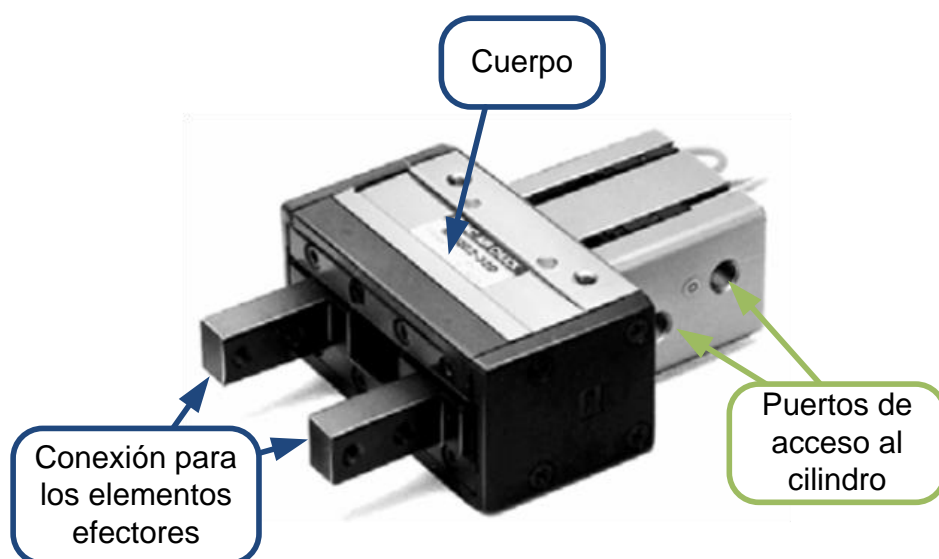


Figura IV.13: Pinza MHQG-40D

Cuerpo: Se trata del elemento bastidor de la pinza que da soporte a los diferentes sistemas que la componen y sirve de elemento de fijación. Como ya se ha comentado, esta pinza basa su funcionamiento en un cilindro de doble efecto alojado en su interior, al que se accede por los puertos señalados en la figura anterior, mediante los cuales accionaremos el sistema que cierra y abre los elementos efectores.

Elementos efectores: Son los elementos que efectúan el agarre, es decir los que efectúan la fuerza aprensiva sobre el objeto. No están estandarizados ni normalizados, el único requisito es que se puedan fijar a la parte móvil del cuerpo. Tienen una forma específicamente diseñada para cada proceso. Lo ideal es que con un mismo diseño de los dedos se cubran las exigencias de la mayor parte de los procesos, para así minimizar el tiempo de cambio de herramienta.

- **Características principales**

Las características principales de la pinza MHQG-40D se han resumido en la siguiente tabla:

Tabla IV.4: Características de la pinza MHQG-40D

Funcionamiento	Doble efecto
Fluido de trabajo	Aire comprimido
Presión de trabajo	0.1 a 0.6 MPa
Temperatura de trabajo	-10 a 60 °C
Repetitividad	±0.02 mm
Frecuencia máxima	60 ciclos por minuto
Lubricación	no necesaria
Diámetro	40 mm
Carrera apertura/cierre	28 mm
Fuerza de presión	247 N
Peso	1940 g

A continuación se muestra un esquema de la pinza señalando los elementos más importantes del sistema neumático que hacen posible su funcionamiento:

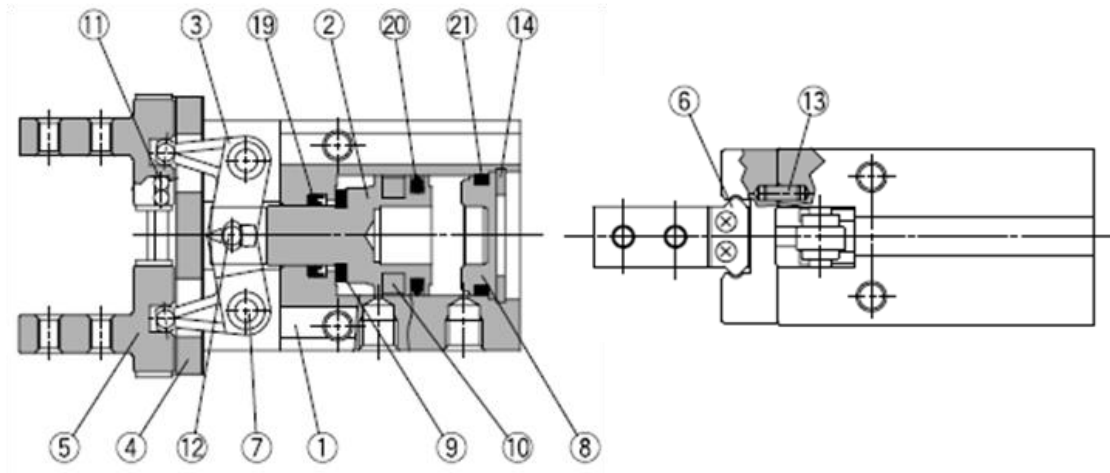


Figura IV.14: Mecanismo MHQG-40D

Tabla IV.5: Mecanismo MHQG-40D

Lista de componentes			
Nº	Descripción	Nº	Descripción
1	Cuerpo	12	Rodillo en aguja
2	Émbolo	13	Pasador cilíndrico
3	Palanca	14	Anillo de cierre
4	Guía	15	Restricción de escape A
5	Dedo	16	Silencioso de escape A
6	Tope de rodillo	17	Muelle
7	Eje pivote	18	Muelle
8	Tapa posterior	19	Junta de vástago
9	Tope elástico	20	Junta de émbolo
10	Imán	21	Junta de estanqueidad
11	Bolas de acero		

4.2.2 Garra neumática

Una garra neumática, en la industria, es la herramienta encargada de la manipulación de piezas o materiales, utilizando el vacío para realizar el trabajo. Están formadas por bombas de vacío y ventosas. Las bombas de vacío son los elementos encargados de producir el vacío necesario para que las ventosas absorban el material.

La garra neumática diseñada en este proyecto fin de carrera consiste en un sistema basado en garras VGS™3010 FC75P de la marca PIAB [11], las cuales se detallan a continuación.

- **Introducción**

Se trata de un diseño de producto en el que las ventosas de alta calidad DURAFLEX® se integran con cartuchos de vacío, basados en la tecnología patentada de COAX®. La garra de vacío facilita la elección, el dimensionado y la instalación de un sistema de vacío más rentable y fiable. El VGS™3010 está indicado por ejemplo, para la manipulación de cajas de cartón corrugado, chapas de metal, cristal, madera y plástico y es adecuado para superficies aceitosas ligeramente curvas y planas, por ejemplo, chapa de acero o aluminio en procesos de prensado.

- **Descripción**

Está formada por cuatro partes: el cuerpo, la bomba de succión, la ventosa y el kit de montaje, tal y como se puede observar en la siguiente figura:



Figura IV.15: Garra VGS3010

El cuerpo, VGSTM 3010, es donde se montan todos los componentes y donde se encuentran los puertos neumáticos.

La bomba de succión consiste en un cartucho de vacío Pi12.2 con válvula anti retorno, y es el elemento encargado de generar el vacío. Dicho vacío, como se observa en la siguiente figura, es producido en el puerto (2), mediante el efecto Venturi, al suministrar aire a presión por el puerto (1).

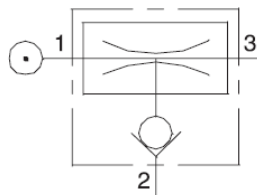


Figura IV.16: Bomba de succión efecto Venturi

La ventosa es el elemento que entra en contacto con el material a manipular, y que se conecta al terminal de vacío de la bomba mediante un racor moldeado con rosca G3/8" macho. Es una ventosa plana, cóncava y con refuerzos, de 75 mm de diámetro, modelo FC75P 60° shore A. La forma ligeramente curvada y los nervios interiores proporcionan un buen agarre y el labio reforzado alargan considerablemente la vida de la ventosa. Debido a la alta fricción de la goma, las ventosas pueden soportar altas fuerzas de tensión en aceleraciones rápidas en planos horizontales, incluso en superficies aceitosas. Las ventosas DURAFLEX® están fabricadas en un material revolucionario de poliuretano que combina la suave elasticidad de la goma con la excepcional resistencia al desgaste del poliuretano. DURAFLEX® es un material que no deja marcas.

El kit de montaje es el elemento mediante el cual se fija la garra al sistema deseado. Está diseñado para fijarse a la mayoría de los perfiles extruidos comerciales. Consta de un tornillo M8 de 27 mm con montaje superior.

- **Características principales**

En la siguiente tabla se muestran algunas de las características más importantes de la garra VGS3010 FC75P:

Tabla IV.6: Características garra VGS3010.

Descripción	Unidad	Valor
Presión de alimentación máxima	Mpa	0.7
Nivel de ruido	dBA	65-74
Temperatura de trabajo	°C	10-50
Peso	g	111-113
Material		PP, PA, NBR, AL, SS, PU

Las medidas de las garras se pueden apreciar en las dos vistas mostradas en la figura siguiente (dimensiones en mm):

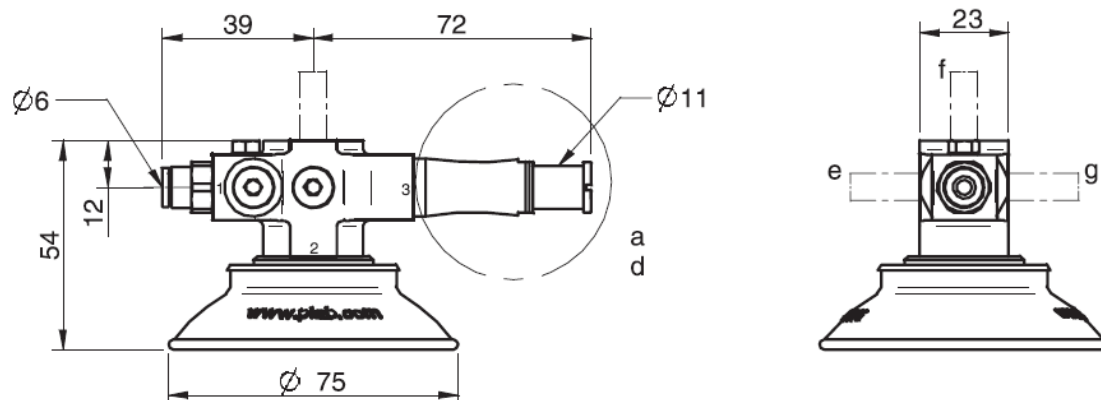


Figura IV.17: Medidas de la garra VGS3010.

4.2.3 Herramienta de mecanizado

En la actualidad se llevan a cabo muchos procesos mediante el mecanizado robotizado, teniendo todos ellos grandes resultados. Debido a las exigencias de los procesos que se desarrollan en este proyecto es necesario el uso de una herramienta de mecanizado flexible, con la que se puedan realizar diferentes trabajos. Con una herramienta de estas características se está preparado ante posibles cambios en la línea de producción. La herramienta de mecanizado diseñada en este proyecto es un elemento físico que engloba dos sistemas de PUSHCORP [12] fijados entre sí como se muestra en la siguiente figura:

- Un **servo motor tipo brushless**, encargado de ejercer un par sobre la punta. El mecanismo elegido es el **SM3002** de **Pushcorp**. Este elemento está controlado por un controlador también suministrado por esta marca. Dicho motor es de boquilla manual, es decir, el cambio de punta se realiza mediante un operador.
- Un **sensor de fuerza**, encargado de controlar la fuerza con la que trabaja la punta, como es el **AFD71** de **Pushcorp** para una configuración vertical. Este sistema resulta imprescindible a nivel industrial para minimizar los costes de puntas de trabajo y los tiempos de cambio de herramientas.

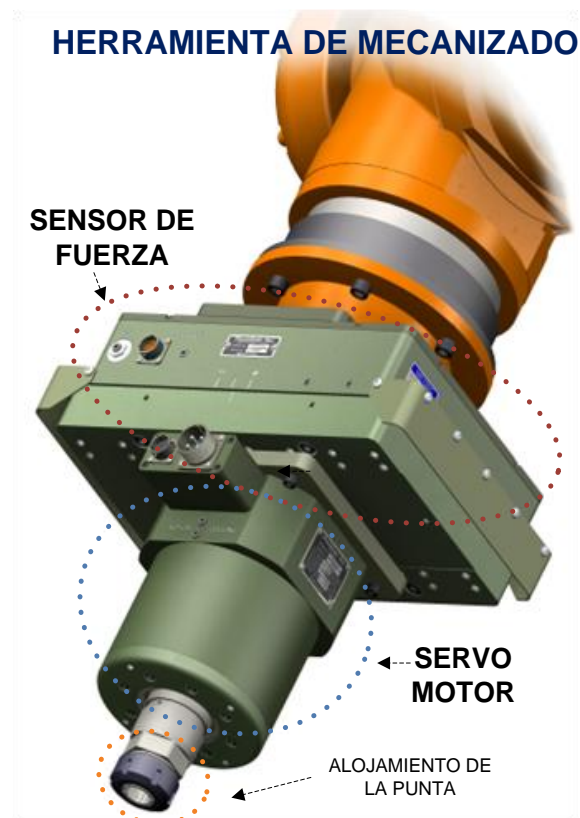


Figura IV.18: Herramienta de mecanizado

❖ SM3002 High Speed Servo Motor

El SM3002 es un servo motor de gran velocidad, no en balde dispone de 2 cv de potencia (1,5 KW). Esta herramienta ha sido desarrollada como una alternativa a los motores de aire, más ineficientes y con mayores costes de mantenimiento. Esta unidad funciona hasta las 30.000 rpm de forma muy eficiente. Para ello dispone de un sistema de refrigeración por agua. Este servo motor dispone de un cuerpo muy compacto además de tener un peso muy ligero. Para el cambio de punta posee una boquilla manual tipo “ER”, que tiene la capacidad de oprimir una amplia gama de diámetros de puntas. Al ser la boquilla manual, es necesaria la intervención de un operario cuando hay remplazar la punta. Para aplicaciones donde la punta tiene una gran duración este sistema es una solución ideal. El servo motor SM3002 puede montarse fácilmente en cualquier orientación.

- **Características**



Figura IV.19: Características SM3002

- **Funcionamiento**

El SM3002 se trata de un motor tipo brushless, más conocido como BLDC. Como estas siglas indican es un motor de excitación mediante corriente continua. Un motor brushless es básicamente un motor síncrono trifásico que tiene un rotor con imanes permanentes. Los devanados del estator son alimentados con tensiones de manera que el imán permanente del rotor sigue los campos magnéticos creados por los devanados del estator, es decir el rotor gira “persiguiendo” los devanados excitados del estator. El SM3002 es un motor brushless trapezoidal, esto significa que la excitación de los devanados del estator se realiza mediante pulsos rectangulares de tensión. Los devanados se encuentran concentrados. El motor dispone de unos sensores Hall para saber la posición del rotor.

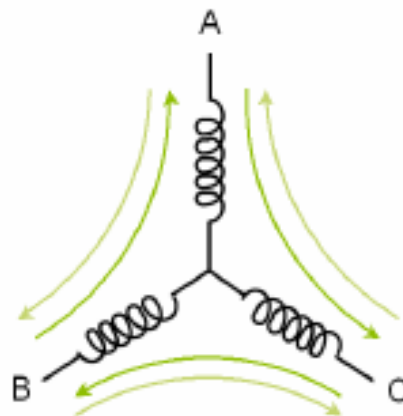


Figura IV.20 Control trapezoidal

En definitiva, sabiendo la posición del rotor mediante dichos sensores, podemos forzar la excitación de los dos devanados del estator que nos proporcionan el vector de corrientes deseado, a su vez dicho vector de corrientes induce mediante un campo magnético a que el rotor gire de la forma deseada. Esto se produce para las 6 direcciones.

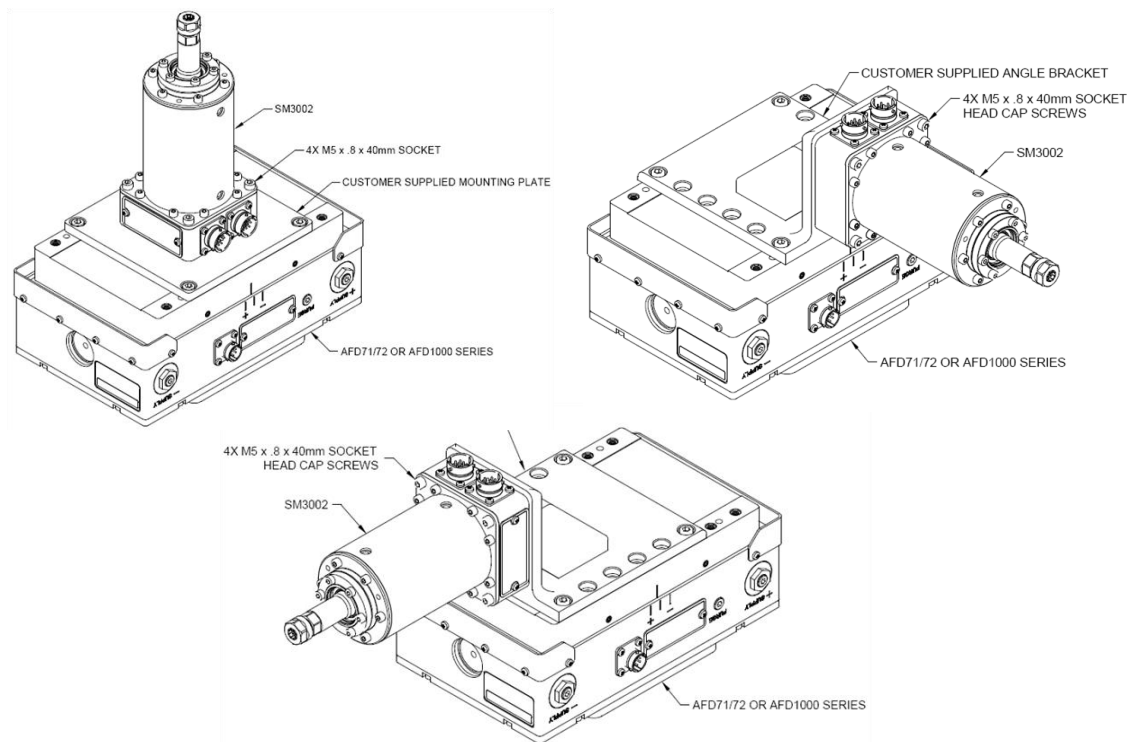


Figura IV.23: Configuración perpendicular, de ejes cruzados y de ejes paralelos.

El acoplamiento del SM3002 al AFD-71 en una configuración de ejes paralelos se produce mediante un plato-brida angulado. El plato-brida de montaje se adhiere primero a la superficie de anclaje del AFD usando un sistema de piezas fácil y rápido. Después el SM3002 se posiciona en el plato-brida de montaje y de forma segura es encajado usando 4 tornillos M5x.8x40mm de cabeza plana.

- **Conexiones eléctricas**

El servomotor SM3002 tiene dos conectores eléctricos, la alimentación del motor (alimentación de los devanados del estator con corriente continua) y la conexión de realimentación como se muestra en la figura. Pushcorp proporciona los cables y el amplificador necesarios para que el motor se conecte fácilmente.

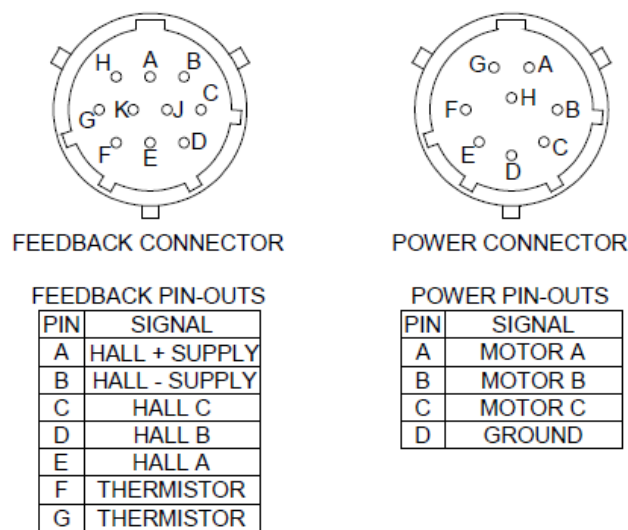


Figura IV.24: Conectores SM3002

- **Operación para el cambio de útil**

La boquilla del SM3002 se aprieta y afloja manualmente. El eje del motor debe sujetarse por su superficie aplanada mientras se gira la tuerca de la boquilla. Al girar la tuerca de la boquilla se aprieta la boquilla al eje del motor, quedando fijada. Para aflojar, simplemente habrá que girar la tuerca de la boquilla en sentido opuesto. La boquilla o collet es una serie ER Series (DIN 6499 Forma B) de tamaño 11. El par de apriete recomendado para la tuerca de Collet depende del diámetro del cuello de la punta que se utilice. Para puntas con diámetro de 3 mm a 7 mm, el par de apriete recomendado es de 6 N.m, y no deberá exceder 27 N.m. Para diámetros de 0,5 mm a 2,5 mm, el par de apriete recomendado es de 14 N.m, y no deberá superior a 17,6 N m. La profundidad máxima a la que puede ser insertada una punta en el casquillo se muestra a continuación.

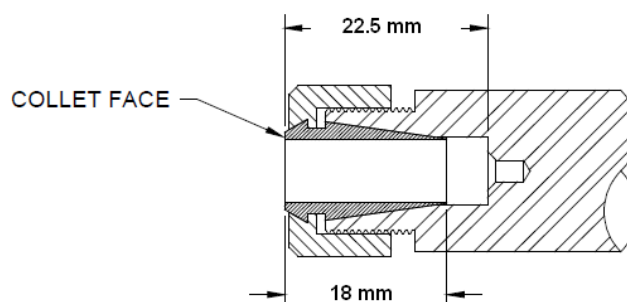


Figura IV.25: Boquilla del SM3002

También se puede cambiar el collet. Para montar el collet insertar las ranuras en el anillo excéntrico de la tuerca del collet en la marca de la parte inferior de dicha tuerca. Se presiona el collet mientras gira hasta que encaje, como se muestra en la siguiente figura. Para quitar el Collet, primero desenroscar la tuerca de collet del eje del motor. Después presionar la superficie y al mismo tiempo, empujar de lado en la parte posterior del collet hasta que se desactiva la tuerca.

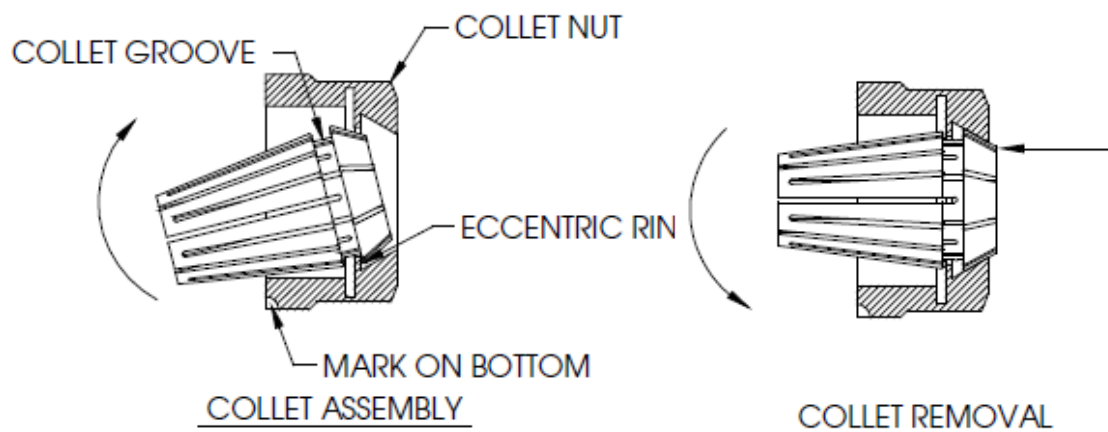


Figura IV.26: Cambio de boquilla.

- **Refrigeración**

El SM3002 es un servo motor compacto de 1.5 kW de potencia el cual requiere liquido de refrigeración. Este servo motor de alta velocidad está diseñado para funcionar a una temperatura por debajo de 80 °C. El rango de óptimo de temperatura de funcionamiento es de entre 50-60 °C. Sin embargo es necesario tener precaución monitorizando la temperatura interna del motor durante una operación normal de producción. El SM3002 contiene conductos internos en el alojamiento del motor envolviendo el estator. Estas vías permiten una eficiente evacuación del calor. La refrigeración entra y sale del alojamiento del motor a través de dos orificios especiales como se muestra en la figura. El orificio inferior debería ser usado como el de entrada. Si se desea otro tipo de conectores, se puede remplazar el existente por otro conector sabiendo que el taladro tiene una rosca de M5x.8. Hay que asegurarse de no apretar demasiado el conector.

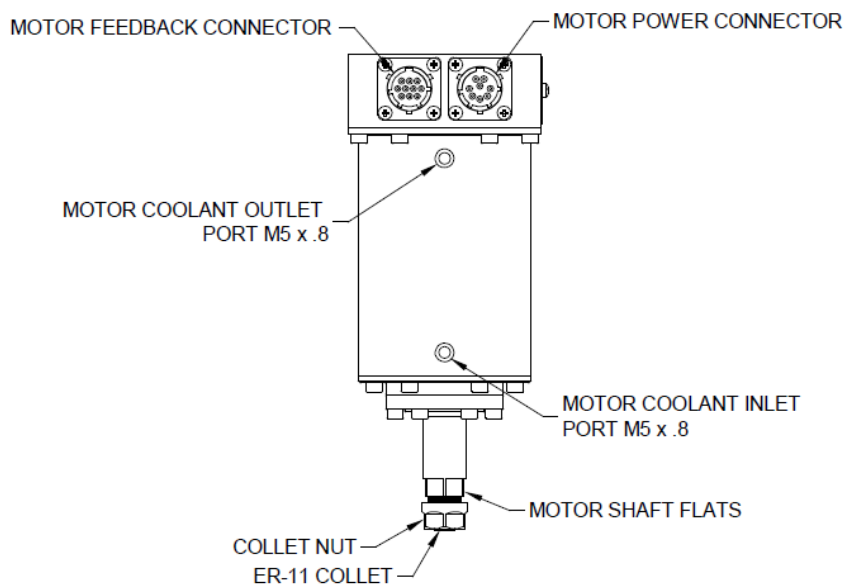


Figura IV.27: Conexiones externas del SM3002.

El agua tiene un gran poder para transferir energía. Esto significa que este líquido de refrigeración evacua calor de grandes ciclos de trabajo y de aplicaciones de gran potencia. El SM3002 requiere un sistema de circuito cerrado para el líquido de refrigeración. Un sistema de circuito cerrado requiere una unidad de refrigeración por separado para hacer circular el líquido a través del alojamiento del motor y además evacuar el calor. Todo el líquido refrigerante está circulando por el sistema, y se requiere un suministro continuo y sin fugas.

Se requiere una mezcla de agua pura destilada con un inhibidor corrosivo. Las típicas unidades de refrigeración están integradas por una bomba, agua para la evacuación del aire caliente y un ventilador. Estas unidades están comercialmente aconsejadas para trabajos exigentes. La unidad de refrigeración debería diseñarse basada en la potencia demandada por el motor (de 1.5 kW con un rendimiento medio del motor de un 90%) y en condiciones de carga de trabajo para el motor. De nuevo se recomienda un sistema de monitorización cerrada de la temperatura del motor mientras se lleve a cabo operaciones de producción para asegurarse de que no se sobrecalienta.

La vida del motor está directamente relacionada con la temperatura de funcionamiento, por lo que una refrigeración adecuada es crítica.

- **Monitorización de la temperatura**

Como se ha señalado anteriormente, el SM3002 está diseñado para funcionar por debajo de 80 °C, y dentro de un rango optimo de entre 50-60 °C. En muchas situaciones es conveniente vigilar la temperatura interna del motor para garantizar que el valor de temperatura máxima no se excede, y que el rango optimo de temperatura se mantiene. Para facilitar esta labor, el SM3002 tiene un termistor que está instalado en los bobinados del motor. La conexión del termistor está integrada en el conector de la realimentación del motor.

La señal de la temperatura que proporciona el termistor es una función logarítmica de la resistencia de salida. El grafico mostrado en la siguiente figura muestra la temperatura interna del motor frente a la resistencia de salida del termistor. En el gráfico, una temperatura de 80 °C se corresponde con un valor de resistencia de 2000 ohm.

Si el termistor indica una resistencia por debajo de 2000 ohmios el motor debería apagarse inmediatamente antes de que se produzca cualquier daño por el sobrecalentamiento. El motor también contiene un sistema de corte por exceso de calor.

Si la temperatura excede los 100 °C el motor dejara de funcionar hasta que sea refrigerado. Esta característica no debería usarse para controlar la temperatura del motor. El sistema de temperatura de corte esta designado para operar únicamente cuando todas las demás precauciones hayan fallado.

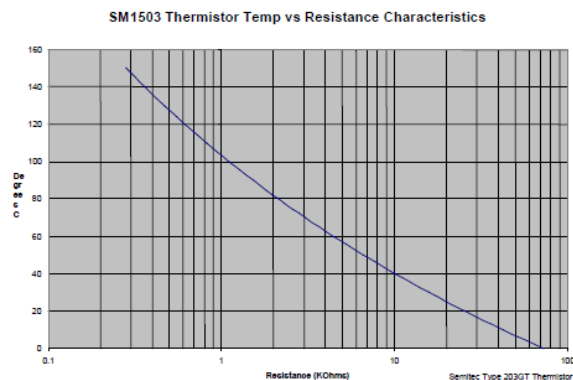


Figure 10. Thermistor Chart

Figura IV.28: Gráfica termistor

Pueden usarse la siguiente ecuación para calcular la temperatura del motor basada en el valor de resistencia del termistor medido:

$$T = \frac{1}{2.656 \times 10^{-3} + 2.317 \times 10^{-4} \ln(R) + 1.752 \times 10^{-7} \ln(R)^3} - 273.15$$

R is resistance in Kohms

$\ln()$ is the natural logarithm function (Base e)

T is temperature in °C

- **Aceleración/Deceleración del motor**

Los servo-motores tienen la habilidad de arrancar y parar de forma muy rápida. Mientras el motor no se sobrecaliente o el amplificador no exceda la corriente de entrada aconsejable, el motor continuara funcionando. El problema está en que el motor y el amplificador pueden experimentar un exceso de corriente puntual con una rápida aceleración y deceleración. Las herramientas o elementos con gran masa o gran diámetro (por ejemplo, un gran momento de inercia) incrementaran el pico de corriente. La cantidad de tiempo permitido para llegar a la velocidad deseada o pararlo tendrá en efecto directo sobre la vida del motor. Siempre se recomienda una aceleración/deceleración de velocidad suave, progresiva y de forma lineal con un periodo mínimo de un segundo para alcanzar la velocidad máxima o para parar totalmente el motor. El periodo mínimo de aceleración de un segundo debe incrementarse si se utiliza herramientas de gran tamaño y que proporcionan una gran inercia para prevenir fallos y evitar daños a largo plazo en el amplificador del servomotor.

- **Procedimiento de calentamiento del motor**

La alta precisión del eje doble de rodamientos que utiliza en el SM3002 requiere un periodo de calentamiento, si el motor comienza a funcionar a temperatura ambiente. Esto es debido a las pequeñas tolerancias que se producen en los rodamientos. Cuando se parte a temperatura ambiente se usa la siguiente secuencia para arrancar el motor:

Run Time	% Maximum Speed
3 Minutes	25%
3 Minutes	50%
3 Minutes	75%
2 Minutes	100%

Una vez que el motor se ha calentado (por ejemplo entre 50 y 60 °C), se puede trabajar como se desee, siguiendo un procedimiento normal de aceleración/deceleración según las directrices dadas en el apartado anterior.

❖ AFD70 Series Passive Compliance Force Device

La serie 70 de los sensores pasivos AFD ha sido diseñada como una alternativa de bajo coste para la serie 1000 de sensores activos de fuerza. Siendo una unidad más básica, también incluye varias características innovadoras, tales como reducir la fricción de funcionamiento y aumentar la precisión de la fuerza medida. Utiliza cilindros neumáticos de vidrio con pistones de grafito, y rodamientos lineales de esferas. Incorpora un potenciómetro lineal interno que permite la monitorización de la posición durante la operación. Tiene dos posibles formas de montaje sobre el robot, vertical (AFD71), horizontal (AFD72). Además se puede anclar a cualquier elemento con superficie plana de sobremesa (AFD73). El AFD71 solo podrá percibir fuerzas positivas, mientras que el AFD72 percibirá tanto fuerzas positivas como negativas. Dependiendo de la configuración elegida el sistema AFD monta un bastidor diferente.



Figura IV.29: Diferentes configuraciones del AFD70.

La serie 70 requiere que el usuario proporcione al menos un regulador de presión para controlar la fuerza de salida que se ejerce. Si es un AFD72, se requiere dos reguladores. Este dispositivo, con componentes de baja fricción, consigue que la resolución y repetitividad de la fuerza de salida sea alta, y depende de la precisión del regulador. El regulador puede ser ajustado de forma manual o eléctrica basándose en los requerimientos de la aplicación. Si solo se requiere 1 nivel de fuerza y la orientación del AFD no cambia, un regulador manual es suficiente. Si la fuerza y/o orientación cambia durante el proceso, se requiere un regulador proporcional eléctricamente controlado.

En algunos casos el peso de los componentes se debe tener en cuenta para que pueda aplicarse una fuerza constante independientemente de la orientación. Esta situación requiere el cálculo del regulador de presión teniendo en cuenta el peso y la orientación. Para monitorizar la posición de la herramienta se debe conectar el AFD-70 a una señal de potencia de corriente continua y a una entrada analógica. Todas estas características se combinan para hacer de la Serie 70 de PushCorp un dispositivo regulable muy robusto, y un dispositivo muy fiable capaz de ofrecer resultados estables en un gran número de aplicaciones industriales.

- **Características**

CARACTERÍSTICAS AFD70-1

Sensor de fuerza en una dirección
Sensor de posición del sistema.
Cartucho de filtro de aire integrado
Diseño mecánico rígido y poco pesado
Recorrido lineal de 20 mm
Bajo coste
Necesita un regulador de presión
Máxima fuerza aplicable: 222 N
Resolución de fuerza: 45.2 N/bar
Peso AFD70-1: 7.7 kg
Carga útil máxima: 23 Kg

Suministro de aire: seco, filtrado ($5\mu\text{m}$), no lubricado

Presión máxima: 5,5 bar

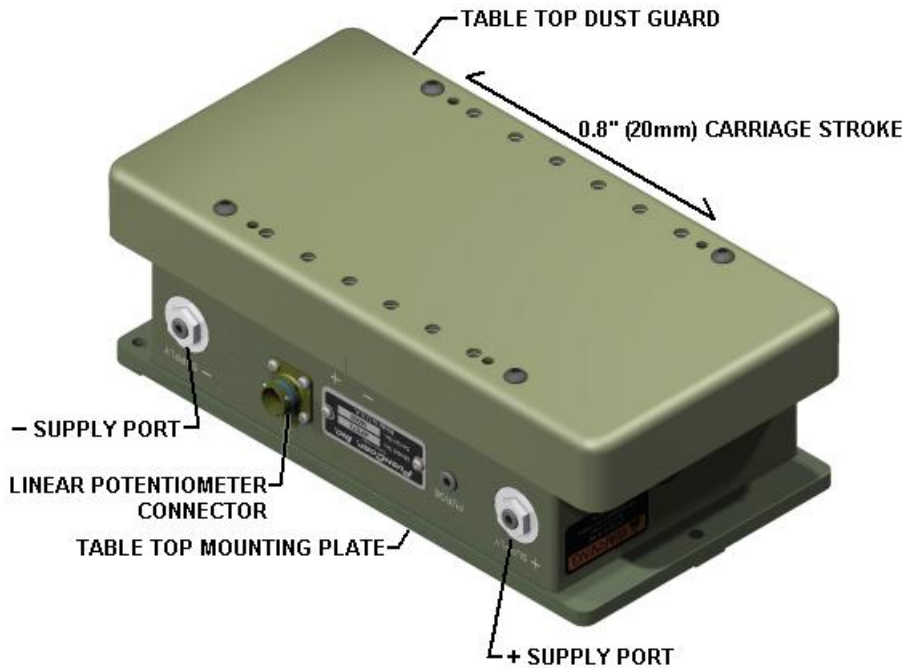


Figura IV.30: Características AFD.

- **Fijación**

El sensor de fuerza AFD70 puede acomodar diferentes tipos de equipos para muchos procesos. El AFD puede orientarse de forma paralela o perpendicular a la brida de montaje del manipulador, sin embargo, es importante señalar que el AFD solo puede aplicar fuerza en dirección a la translación de la montura (parte móvil del sensor en la que se ancla la herramienta). En el proceso de montaje de la herramienta a la montura se deberá tener sumamente cuidado en el diseño e instalación de los soportes. Unos soportes correctamente diseñados incrementara la rigidez en el anclaje, siendo una única estructura. Si el diseño de los anclajes resulta incorrecto se deformara la montura causando un error interno de desalineación en el raíl lineal lo que a conlleva la inconsistencia al proceso. Un síntoma de estas deformaciones es que la montura se sobrepase.

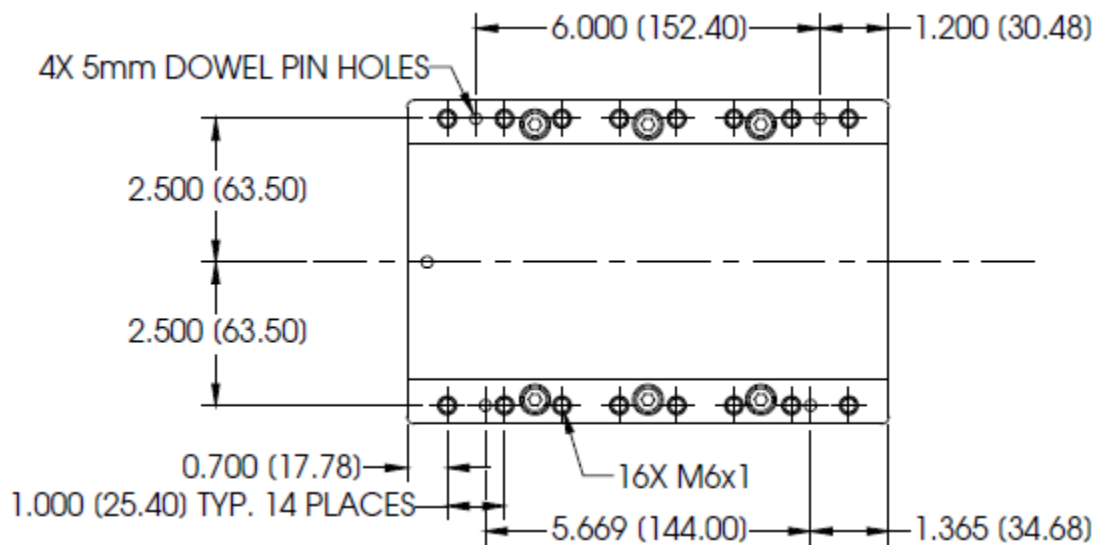


Figura IV.31: Diseño de la montura del Sensor AFD70.

La configuración básica del sensor de fuerza AFD-71 permite una fijación a accesorios estáticos o a un robot. Las bridas de montaje para el robot disponen de placas de adaptación o "cambio rápido". El AFD70-1 tiene una brida estándar para el anclaje al robot como se muestra en la siguiente figura. Se deberán utilizar un mínimo de tres registros para un montaje seguro al robot.

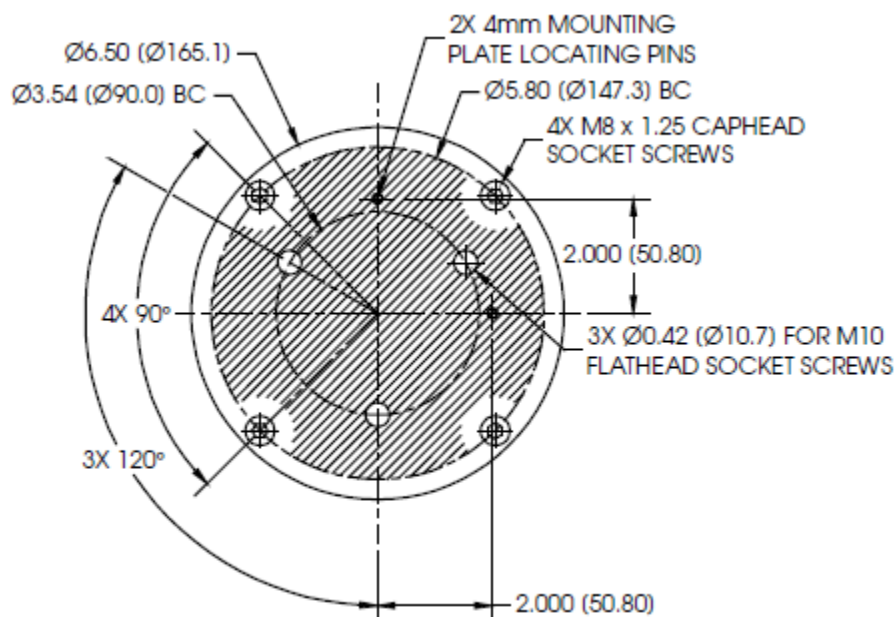


Figura IV.32: Diseño de la brida estándar del sensor.

- **Calculo de la carga máxima de la montura**

El raíl de rodamientos que sostiene la montura ha sido empleado por su capacidad, tamaño y baja fricción. Con el fin de garantizar un rendimiento óptimo es muy importante no sobrecargar estos rodamientos. Con las siguientes ecuaciones se puede comprobar si se produce una carga excesiva. Se introducen la fuerza máxima que se puede registrar, el peso y las distancias de la carga para obtener la carga de los rodamientos. Esta debe ser menor al valor máximo aconsejable. Sobrepasar este valor reduce la vida y operatividad del sensor. En el caso de este PFC la carga de los rodamientos se puede aproximar como el siguiente esquema:

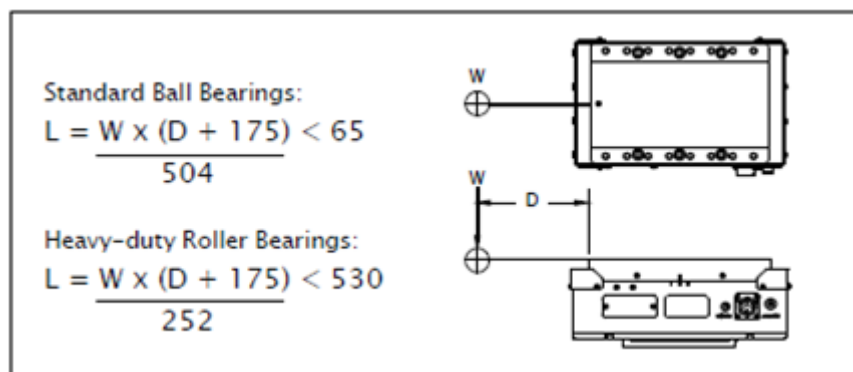


Figura IV.33: Carga rodamientos ADF70.

Donde:

W = Fuerza máxima, incluido el peso. (Kg)

L = Carga de los rodamientos (Kg)

D = Distancia de la carga neta (mm)

\oplus = Posición de la carga neta

- **Conexiones eléctricas**

+V: Tensión de alimentación- La alimentación debería regularse bien en un $\pm 10\%$. La resistencia de carga es $1500\ \Omega \pm 30\%$. La tensión de alimentación no debería exceder 24 VDC. Cuando la fuente proporcione 12 VDC la señal a la salida estará entre 0 y 10 VDC.

COM: Toma común- Debería estar conectada al terminal común de la fuente al igual que a la tierra de la señal de posición analógica.

SHLD: Cable coaxial. La toma para el blindaje del cable. Conectar este cable al punto de toma de la instalación.

POSN: Señal de posición. Es la señal de salida del potenciómetro. Esta señal de voltaje representa la posición del transportador. El dispositivo conectado a esta salida debería tener una impedancia de entrada igual o mayor a $100\text{k}\Omega$. La linealidad de la señal del potenciómetro no viene calibrada de fabrica pero es lineal en un $\pm 1\%$.

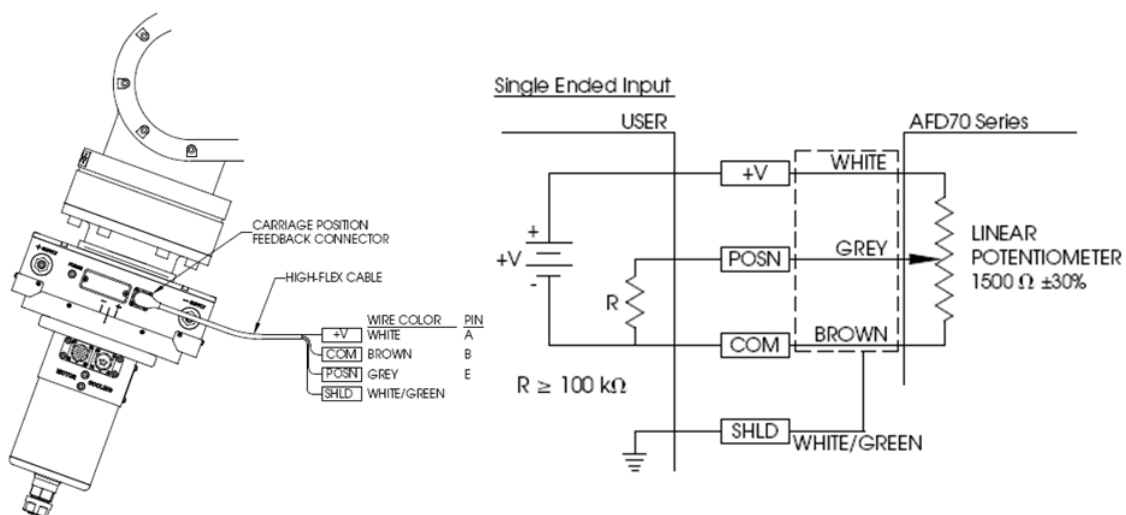


Figura IV.34: Conexión de la señal lineal del potenciómetro.

- **Calibración sistema**

El AFD70 viene equipado con un potenciómetro interno que proporciona una señal de voltaje basada en el movimiento lineal del portador de la herramienta. La señal de voltaje es mínima cuando el portador está en la máxima posición del eje negativo posible, y máxima cuando el transporte está en la máxima posición positiva.

Se usa un cable de gran flexibilidad para conectar la fuente de corriente continua y las señales analógicas al sensor de fuerza. El conector esta específicamente diseñado para minimizar la tensión del cable. El enchufe y el zócalo están diseñados para que resulte imposible conectar ambos incorrectamente.

La señal de la posición lineal debe ser ajustada para cada aplicación. Realizar esta calibración resulta sencillo siguiendo los siguientes pasos:

1. Se conecta el cable, o bus, de gran flexibilidad al conector del sensor.
2. Conectar los cables del interior del bus como se muestra en la Figura x.
3. Mover el transportador a la posición más negativa.
4. Leer la señal de voltaje en el pin de salida. Este voltaje es una futura referencia. Esta señal será conocida como Vneg.
5. Se mueve el transportador a la posición más positiva.
6. Leer la señal de voltaje del transportador en el pin de salida. Este voltaje es una futura referencia. Esta señal la conoceremos como Vpos.
7. La posición del transportador puede determinarse ahora midiendo el actuar voltaje en el pin de salida introduciendo el valor en la siguiente ecuación.

$$p = 20 \text{ mm} \times \left(\frac{V_m - V_{neg}}{V_{pos} - V_{neg}} \right)$$

Donde:

p = Posición del transportador mm)

V_m = voltaje medido en pin de salida del cable.

V_{neg}= voltaje de calibración medido en la posición más negativa del transportador, 0 mm.

V_{pos}= voltaje de calibración medido en la posición más positiva del transportador, 20 mm.

- **Control de Fuerza**

El AFD70 es un dispositivo pasivo de fuerza que requiere que se suministre aire a presión al actuador neumático. La presión en actuador se traduce en una fuerza de salida en el transportador. Si el AFD está siempre en posición horizontal o no cambia la orientación, lograr la fuerza deseada a la salida es sencillo. Sin embargo, si el AFD cambia de orientación la presión debe cambiarse a lo largo de la trayectoria del robot. Se debe conocer dos sistemas para lograr la fuerza de salida deseada: el peso que sostiene el AFD y el ángulo del transportador con respecto a la gravedad, sentido perpendicular. El ángulo del transportador se requiere para que el peso pueda ser compensado. El peso es la suma del equipo bajo el AFD y del propio sensor. Este valor puede calcularse mediante el área y la presión en el actuador neumático. El mejor método para determinar el peso es con una célula de carga. El ángulo formado entre el transportador y vector gravedad queda definido como se muestra a continuación:

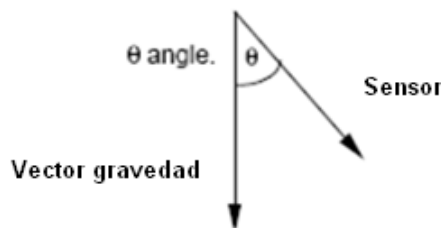


Figura IV.35: Ángulo para el control de fuerza.

La AFD71 tiene un actuador neumático individual, por lo que solo se pueden medir fuerzas positivas. El área de los cilindros es 67,74 mm², por lo que para 0.07 bar de presión de suministro el AFD aplica 3.1 N de fuerza. Por esta razón la serie 70 resulta muy fácil de instalar. Para aplicar una fuerza de 89 N, por ejemplo, solo habrá que ajustar la presión de suministro del AFD a 2 bar. Esto, sin embargo, hace que requiera al usuario para suministrar la presión un regulador de precisión para ajustar con exactitud la fuerza aplicada. El regulador de presión puede ser de carácter manual o eléctricamente controlado mediante un regulador proporcional. La repetitividad y la resolución de la fuerza de salida están directamente relacionadas con la exactitud del regulador neumático. La siguiente ecuación define la fuerza aplicada de cada uno de los posibles dispositivos de la Serie 70-1:

$$F = (0.7 \times P) + 9.81 \times (W + 1.6) \cos (\theta); \quad \text{Donde:}$$

F = Fuerza neta aplicada por el AFD (N)

P = Suministro de presión (bar)

W = Peso (Kg)

θ = Angulo del sensor relativo a la gravedad

- **Características suministro de aire.**

- Aire seco no lubricado
- Con filtro de 5 micras
- AFD requiere un filtro de aire para prevenir el interior del componente de materiales extraños.
- Presión de suministro menor de 5,5 bar
- No operar según las especificaciones descritas puede empeorar el rendimiento y anularía cualquier garantía en relación con la reparación de los componentes neumáticos.
- El sistema de suministro neumático debería ser configurado como se muestra en la siguiente figura:

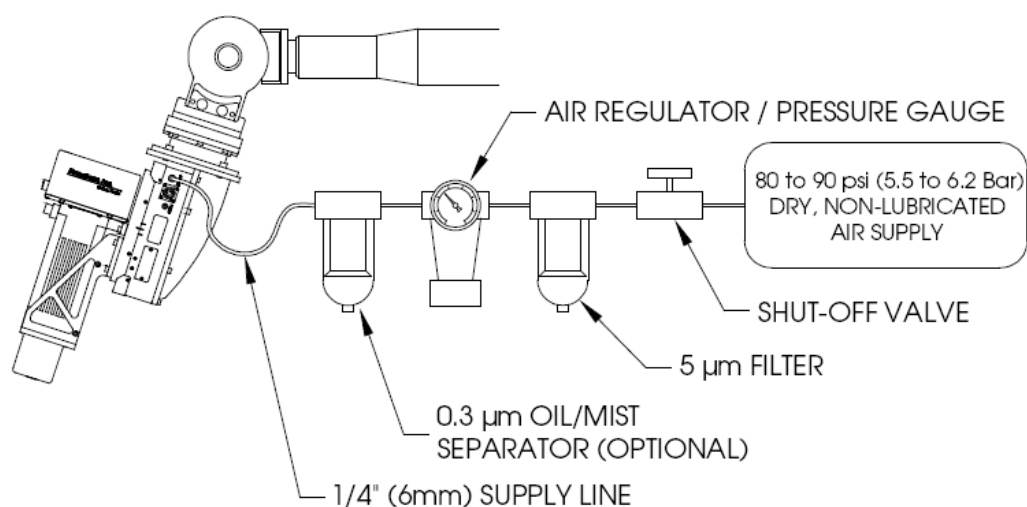


Figura IV.36: Configuración neumática.

- Si la condensación del agua es un problema en el sistema de suministro un dispositivo de secado es muy recomendable. La solución ideal es un enfriador industrial en seco capaz de reducir el punto de rocío por debajo de 0 °C.
- La humedad dentro del dispositivo de fuerza causara errores prematuros.
- Para aplicar fuerza en sentido positivo, la línea de alimentación debe conectarse al puerto positivo de suministro de aire y viceversa si se quiere conectar en sentido negativo.
- En aplicaciones donde el ambiente contiene gran cantidad de partículas suspendidas en el aire debe usarse un purificador para asegurarse que el interior del AFD se mantiene limpio de elementos exteriores.
- El sistema AFD viene provisto de un puerto para el purificador de aire en el suministro de aire. El puerto utiliza métrica R1/8 cónica en la instalación neumática.

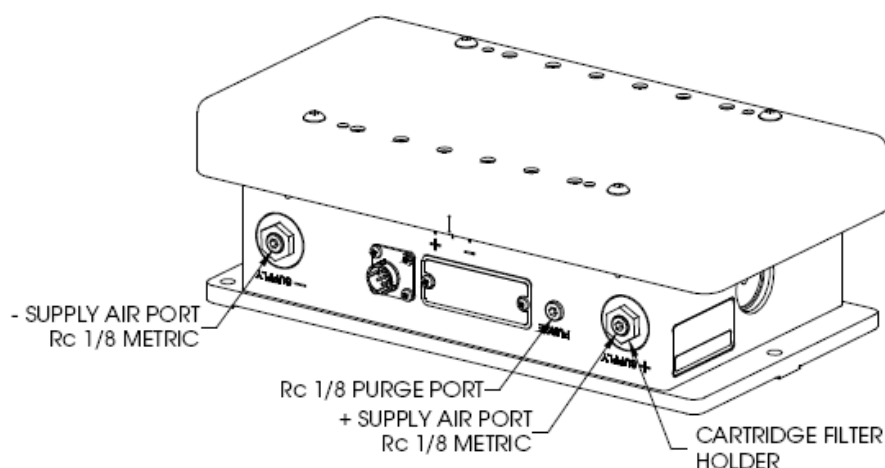


Figura IV.37: Conexiones de aire del sensor.

- La presión de entrada en el purificador puede estar entre 0.7 y 4.1 bar con un caudal de entre 14 – 56 l/min dependiendo de la aplicación. El purificador debe ser seco y no lubricado, sin embargo solo es necesario filtrar 20 micras.
- La línea de suministro y de purificación de servicio deberían ser de 6mm de diámetro, flexible y con tubos de poliuretano.
- Los tubos deberían estar comunicados con el AFD de tal forma que no haya torceduras y teniendo la suficiente holgura para permitir movimientos del manipulador.

○ *Montaje*

- Antes de conectar la línea de abastecimiento y la de purificación en sus relativos dispositivos hay que abrir el cierre de la válvula para liberar cualquier contaminante que pueda estar en el interior. Entonces el tubo ya puede ser instalado en el lado del AFD libre de bloqueos. Se cargan las válvulas con aire y se verifica que no hay fugas de aire.
- Es más recomendable utilizar tubos de poliuretano flexible que de nylon, ya que los tubos de nylon tienden a bloquearse cuando se doblan. Esto limita severamente la llegada de aire.
- Para quitar la línea de suministro, primero descargar toda la presión de aire del sistema, luego mientras se empuja hacia dentro el puerto del anillo de plástico, simultáneamente tirar del tubo hacia fuera. Cubra o conecte el montaje de bloqueo, en cualquier momento el sistema de suministro de aire o el purificador no estarán conectados. Esto mantendrá los contaminantes sin entrar en el AFD.

○ *Cartucho interior del filtro del aire*

La serie 70 contiene un cartucho como filtro en la base de su alojamiento. Este cartucho-filtro está designado para ser la última línea de defensa para proteger el sistema AFD de la contaminación. No está designado para ser el único medio para el filtrado de aire. Si el filtro llegase a obstruirse, la herramienta no llegaría a funcionar correctamente. La sustitución de estos cartuchos puede hacerse adquiriéndolos de PushCorp (el proveedor de la herramienta) o directamente del fabricante, Parker S.A.

Para quitar el cartucho de filtrado aflojar el elemento en el que reposa, que se encuentra encima de la base de su alojamiento, ver Figura 2. Quitar el cartucho y realizar una inspección visual. La condición en la que se encuentra el cartucho de filtrado nos dará una idea de la calidad del sistema de suministro de aire.

Colocar un nuevo cartucho de filtrado en su soporte correspondiente e insertar ambos a la base del alojamiento del AFD. Apretar el elemento donde reposa el filtro a un par de 10 N.m.

4.3 Sistema de cambio automático de herramienta

4.3.1 Introducción

Este sistema es el que hace que el robot pueda cambiar de herramienta, por tanto, es el elemento que hace más flexible a la célula. Se trata del modelo SWS-071 de la marca SCHUNK [13], equipado con un conector eléctrico R19 y un conector hidráulico FG2. Estos tres componentes de los que consta dicho sistema, así como su funcionamiento, serán descritos más adelante.

El sistema de cambio de herramienta consiste en dos partes primarias: el plato maestro y el plato herramienta como se puede apreciar en la siguiente figura:



Figura IV.38: Sistema de cambio de herramienta SWS-071.

El plato maestro se fija a la muñeca del robot, mientras que las herramientas, tales como pinzas, pistolas de soldadura, motores etc. son fijadas cada una en un su plato de herramienta correspondiente.

En dichas uniones se han de diseñar las interfaces de acoplamiento siguientes: RIP (Robot Interface Plate) para fijar el robot al plato maestro y TIP (Tool Interface Plate), para fijar el plato de herramienta a cada herramienta. En la siguiente figura se puede ver un esquema del sistema completo:

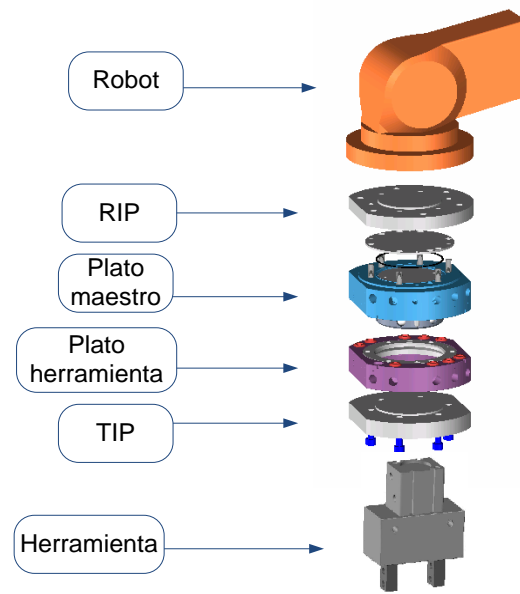


Figura IV.39: Ejemplo de montaje.

Este sistema de cambio de herramienta permite el paso de señales neumáticas del plato maestro al plato de herramienta, además mediante accesorios puede permitir el paso de señales hidráulicas y eléctricas.

En operación, el robot debe ser programado para que seleccione la herramienta a utilizar acoplando el plato maestro con el plato de herramienta correspondiente.

El cambiador de herramienta mejora la flexibilidad y la fiabilidad de una célula robotizada. Se utiliza sobre todo en cambios de herramienta automático, pero también puede ser empleado en cambios de herramienta manual. Este cambiador de herramienta ha sido diseñado para proporcionar una larga vida, con poco o ningún mantenimiento.

4.3.2 Mecanismo y secuencia de acoplo y desacoplo

El acoplamiento entre el plato maestro y el plato de herramienta se consigue a través de un mecanismo patentado de alta resistencia de acero inoxidable. El

mecanismo, situado en el plato maestro, consiste en un cilindro de doble efecto que empuja mediante un vástago unas bolas que atrapan al plato de herramienta. La secuencia de acoplamiento es la siguiente:

Paso1: Cuando el plato maestro es situado encima del plato de herramienta con una separación entre ambos menor a la llamada separación máxima de cierre sin contacto, es en este momento en el que el sistema está preparado para acoplarse, estando en contacto la bola con la primera superficie cónica del vástago.

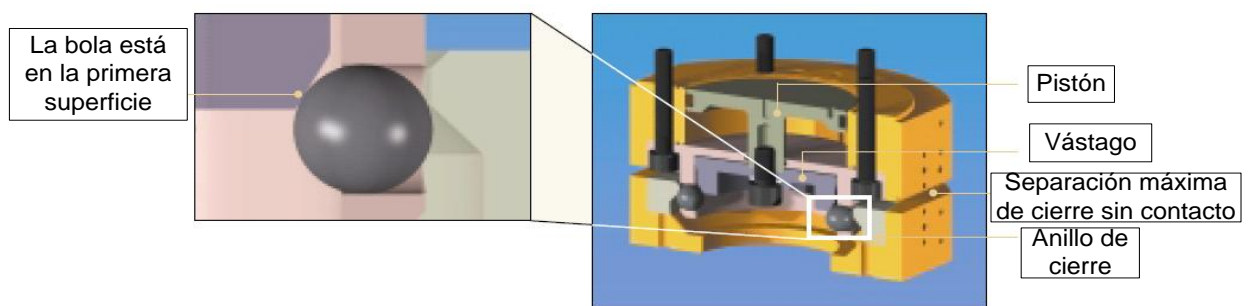


Figura IV.40: Secuencia de acople (Paso1)

Paso2: Si se suministra aire a la cámara de cierre del sistema del cilindro, el pistón y el vástago son empujados hacia abajo. Éste último, mediante su primera superficie cónica desplaza las bolas hacia el exterior, dejándolas atrapadas entre la segunda superficie y el anillo de cierre perteneciente al plato de herramienta. De esta manera quedan acoplados los dos platos que constituyen el sistema de cambio de herramienta.

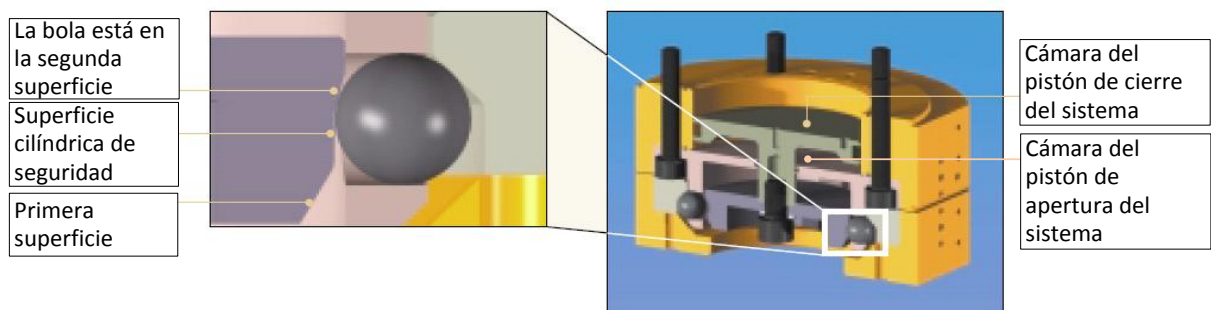


Figura IV.41: Secuencia de acople (Paso2)

Sistema de seguridad: En caso de fallo en el sistema que suministra el aire, gracias a la superficie cilíndrica de seguridad, el vástago no se moverá a no ser que se aplique aire a presión en la cámara de apertura, de esta manera se evita que la herramienta se caiga de forma accidental.

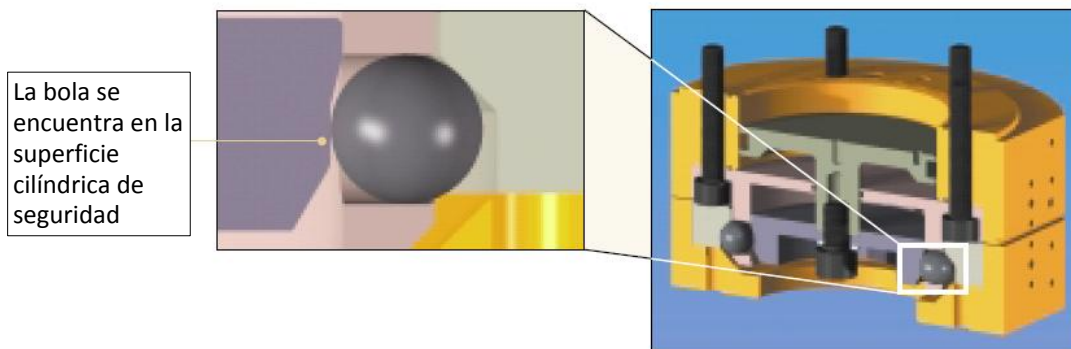


Figura IV.42: Sistema de seguridad.

La secuencia de desacople del sistema es similar a la de acople, solo que en este caso el aire debe ser suministrado a la cámara de apertura del sistema, liberando las bolas y permitiendo la separación entre ambos platos.

4.3.3 Componentes del cambio de herramienta

El sistema de cambio de herramienta, como ya se ha comentado, está formado por dos platos que se unen mediante un sistema mecánico accionado neumáticamente. En este apartado se van a describir las partes de las que está compuesto cada plato.

El elemento principal del plato es el cuerpo, el cual da cabida tanto al mecanismo de acoplamiento como a los elementos de unión con el robot o con la herramienta según el plato del que se trate. Dicho cuerpo, como ya se comentó, permite el paso de señales neumáticas a través de él. En el caso de requerir señales de otro tipo, se añaden distintos accesorios al cuerpo según las necesidades. En nuestro caso, los accesorios, son un conector eléctrico (R19) y otro hidráulico (FG2).

- **Cuerpo SWS-071**

Como se acaba de comentar el cuerpo es el elemento principal de cada plato. En la siguiente figura podemos ver un plano con las medidas más importantes tanto del plato de herramienta (SWA) como del plato maestro (SWK), algunas de las cuales se comentarán a continuación:

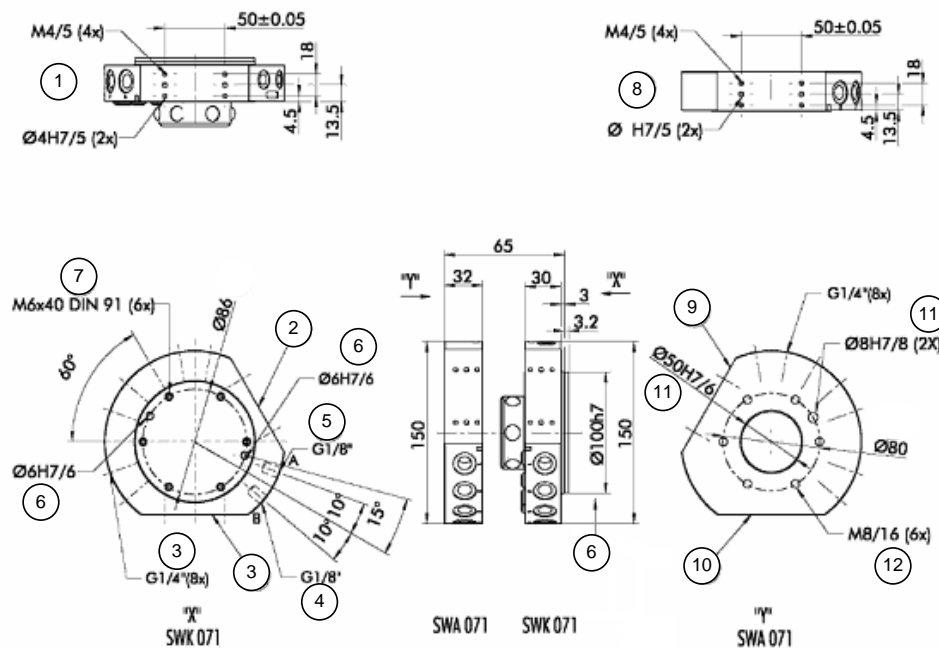


Figura IV.43: Cuerpo SWS-071

1. Conexiones para los accesorios del plato maestro.
2. Conexión accesorio A del plato maestro.
3. Conexión accesorio B del plato maestro.
4. Puerto neumático de desacople del sistema.
5. Puerto neumático de acople del sistema.
6. Registros de posicionamiento del plato maestro.
7. Orificios de fijación del plato maestro.
8. Conexiones para los accesorios del plato de herramienta.
9. Conexión accesorio A del plato de herramienta.
10. Conexión accesorio B del plato de herramienta.
11. Registros de posicionamiento del plato de herramienta.
12. Orificios de posicionamiento del plato de herramienta.

Algunas de las características más importantes se resumen el siguiente cuadro:

Tabla IV.7: Características sistema cambio herramienta.

Propiedad	Valor	Comentario
Dureza	58 Rc.	Componentes de acero inoxidable
Carga máxima	79 kg	Elevadas cargas son posibles con menores momentos
Fuerza de bloqueo (a 6 bar)	8075 N	En caso de elevadas fuerzas de tracción, el sistema cae en la posición de auto bloqueo
Repetitividad de la posición	0.015 mm	Probado en 1millon de ciclos
Peso	3.1 kg	1.8 kg plato maestro y 1.3 kg plato herramienta
Transmisiones neumáticas	8 x G1/4"	Máximo 7 bar
Máxima distancia en el bloqueo	5 mm	Separación máxima de cierre sin contacto (ver diagrama de offset)
Máximo offset en XY permitido	± 2 mm	Máximo desplazamiento en el plano XY durante el cierre (ver diagrama de offset)
Máximo ángulo de offset permitido en Z	$\pm 1^\circ$	Máximo ángulo de desfase en el eje Z durante el cierre (ver diagrama de offset)
Máximo ángulo de offset permitido en XY	$\pm 0.6^\circ$	Máximo ángulo de desfase en el eje X e Y durante el cierre (ver diagrama de offset)

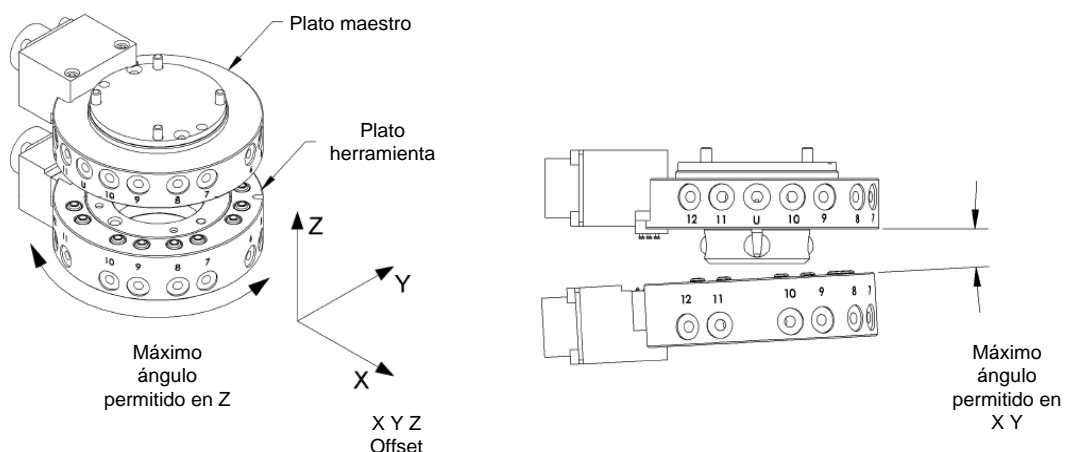


Figura IV.44: Offset

• **Conector eléctrico R19**

Este conector se empleará para pasar las señales eléctricas necesarias a las herramientas. Al igual que el cuerpo, consta de dos elementos, uno acoplado al plato maestro, y otro al plato de herramienta. Tiene un total de diecinueve pines distribuidos por un conector circular como se observa en la siguiente figura:

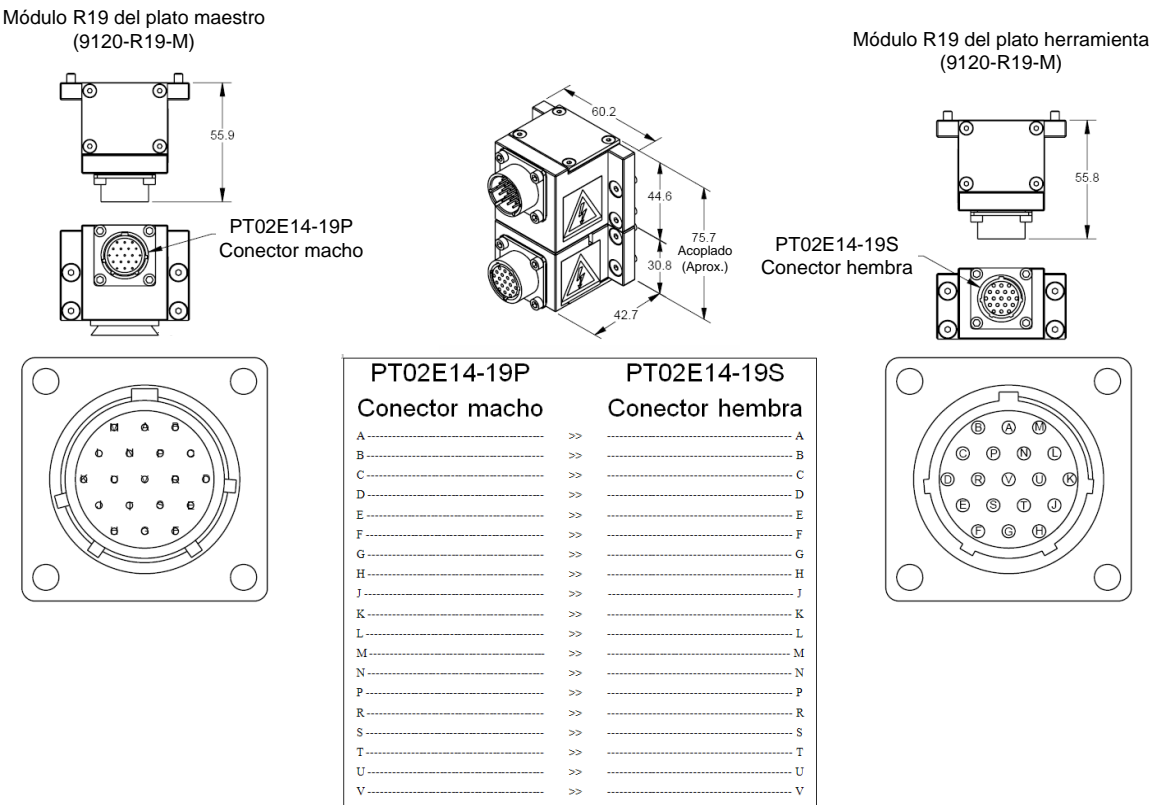


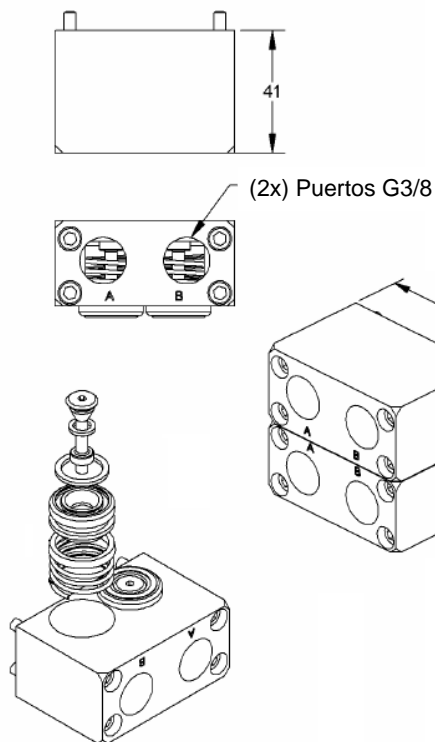
Figura IV.45: Conector eléctrico R19.

Se recomienda utilizar el pin central (V) como toma de tierra debido a que es el último en conectarse y el primero en desconectarse durante el proceso de acople y desacople respectivamente ya que es ligeramente más largo que el resto.

- **Conector hidráulico FG2**

Este conector se emplea para el paso de señales hidráulicas a las herramientas. En nuestro caso, como se verá más adelante, es empleado únicamente para el paso del refrigerante a la herramienta de mecanizado. En la siguiente figura podemos ver que, al igual que sucedía con el conector R19, consta de dos elementos, uno acoplado al plato maestro, y otro al plato de herramienta.

Módulo FG2 del plato maestro
(9120-FG2-M)



Módulo FG2 del plato herramienta
(9120-FG2-T)

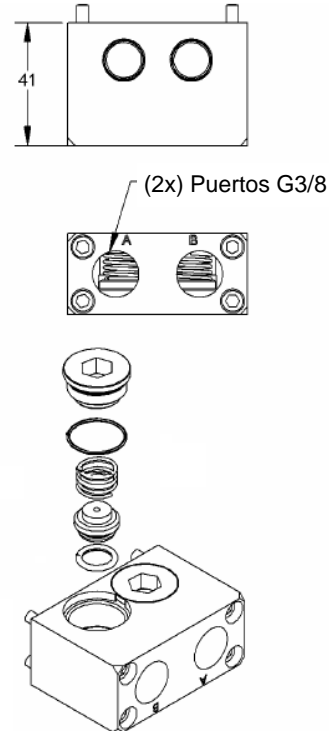


Figura IV.46: Conector hidráulico FG2.

4.3.4 Instalación

- **Diseño y montaje de las bridas de unión**

Como vimos en la introducción de este sistema, han de ser diseñadas una brida robot por cada robot, y una brida herramienta por cada herramienta. Todas las bridas de unión, ya sea con el robot o con la herramienta deben ser diseñadas usando unos registros de posicionamiento, para lograr una mayor precisión al fijar las dos partes a unir vistos en la Figura IV.43.

Las bridas de acoplo entre el plato herramienta y la herramienta correspondiente debe ser diseñada utilizando el diámetro interno ($\varnothing 50H7$) del plato herramienta y un pin de fijación ($\varnothing 8H7$). Además la fijación se realiza mediante seis tornillos métrica ocho.

La bridas de acoplo entre el robot y el plato maestro deben utilizar el diámetro externo ($\varnothing 100H7$) del cuerpo del plato maestro y uno u opcionalmente dos pines de fijación ($\varnothing 6H7$). En este caso la fijación se realiza mediante seis tornillos métrica seis.

Además, la brida del robot debe cumplir otro requisito de diseño. Debe ser correctamente diseñada para proporcionar un montaje rígido manteniendo una separación entre la brida y el cuerpo del plato maestro, tal y como se muestra en la siguiente figura:

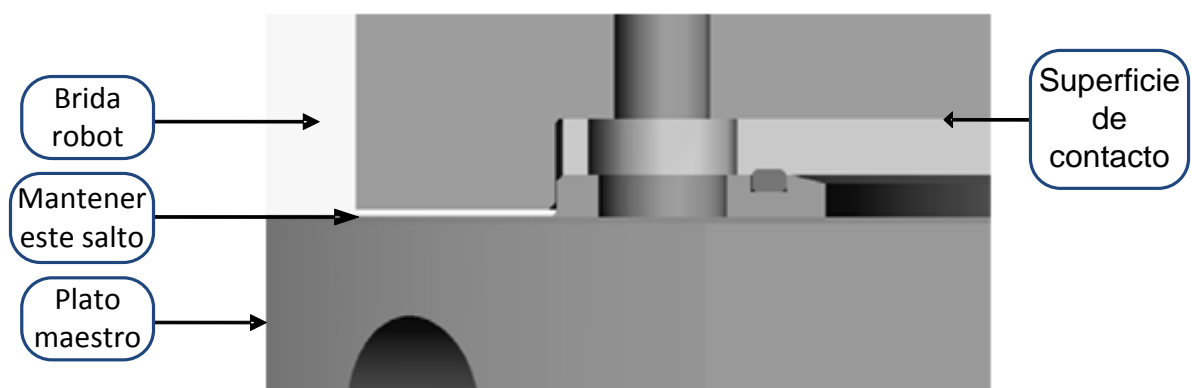


Figura IV.47: Requisito de diseño para brida robot.

- **Válvulas y conectores del cierre neumático**

Como ya se vio en el apartado de mecanismo y secuencia de acoplo y desacoplo, para cerrar el sistema de cambio de herramienta debe suministrarse aire a la cámara de cierre, mientras que para desacoplarlo hay que suministrar aire a la cámara de apertura. Dichas cámaras del cilindro son accesibles por medio de los puertos lock y unlock respectivamente.

Requerimientos del aire: Para un correcto funcionamiento del cambio de herramienta se debe proporcionar al plato maestro aire limpio, seco, no lubricado, entre 4.5 y 6.9 Bar, y filtrado a 20micras.

Requerimientos de las válvulas y conexiones: Se recomienda usar una válvula de 4 vías o más para controlar el mecanismo de cierre del cambio de herramienta. Esto es necesario, ya que, mientras se suministra aire por un puerto, el otro, debe ser abierto a la atmósfera. Un ejemplo de configuración se muestra en la figura siguiente:

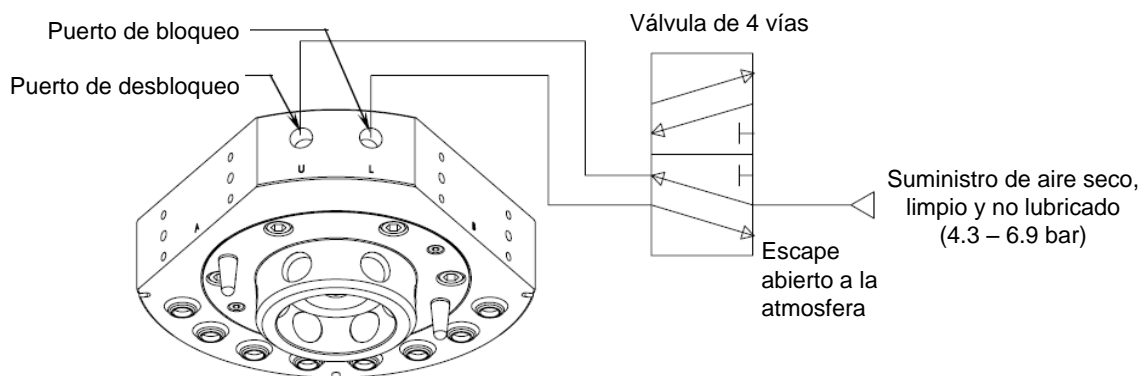


Figura IV.48: Control mecanismo de cambio

- **Diseño de una estantería de herramientas**

Las herramientas mientras no estén siendo utilizadas por el robot, deben de reposar sobre una estantería de herramientas. Durante el acoplo, o el desacoplo, la estantería debe permitir un cierto movimiento en el plano paralelo (x-y) y perpendicular (z), a las superficies de contacto entre el plato maestro y el plato de herramienta. Un pequeño desajuste entre los platos en el momento del acople, si no se permite flotar al plato de herramienta, puede generar elevadas fuerzas provocando un desgaste excesivo del sistema de cambio de herramienta.

El grado de flotación requerido depende de la exactitud del robot y de su repetitividad a la hora de ubicarse en la estantería de herramientas. El sistema de cambio de herramienta permite cierto offset a la hora de acoplarse. En algunos casos, un elevado offset puede ser permitido, pero aumentará el desgaste. La estantería de herramientas debe estar diseñada para reducir al mínimo la desalineación durante el acoplamiento y desacoplamiento.

Idealmente, la herramienta debe ser colgada verticalmente en la estantería de modo que la gravedad ayude a desacoplar el sistema. Es posible diseñar la estantería para la colocación de las herramientas en posición horizontal, pero se debe tener cuidado de que se realiza bien el proceso de acoplo y desacoplo. En general, la estantería en "posición horizontal" causa más desgaste tanto en la estantería como en el sistema de cambio de herramienta.

El acoplo, debe ocurrir con el plato maestro en la zona de cierre sin contacto, es decir, sin tocar el palto de herramienta. Cuando se produce el bloqueo, el palto maestro debería colocar el plato herramienta en la posición adecuada, gracias a la flotación permitida por la estantería.

Además, tanto la estantería de herramientas como la herramienta, deben constar con pines de localización, para que las herramientas siempre se posicionen correctamente sobre la estantería disminuyendo los desajustes antes mencionados, y por tanto, disminuyendo el desgaste de los elementos.

4.3.5 Mantenimiento

- **General**

En condiciones normales, no es necesario un mantenimiento especial, sin embargo se recomienda que se lleven a cabo inspecciones periódicas para asegurar a largo plazo el rendimiento y para asegurar que los daños inesperados no se produzcan. Los siguientes artículos deben ser inspeccionados visualmente a intervalos regulares:

- Bolas del mecanismo de acoplo.
- Los contactos eléctricos y los módulos
- Juntas de goma.
- Pines de alineación.

Pines de alineamiento: Son los pines cónicos situados en el plato maestro, y que sirven de guía para el acoplo del sistema de cambio de herramienta. En algunas aplicaciones duras, debido al desgaste, puede ser necesario remplazarlos.

Juntas de caucho: Son las juntas que hacen posible el paso de señales neumáticas a través del sistema de cambio de herramienta. Si alguna resulta dañada u obstruida, debe ser remplazada para el correcto funcionamiento de dichas señales.

- **Lubricación**

El sistema de cambio de herramienta viene lubricado de fábrica. Para muchas aplicaciones, esta es la lubricación suficiente para la vida del producto. En algunas aplicaciones de alto ciclo de trabajo, o aplicaciones sujetas a la humedad, el desgaste del mecanismo de bloqueo y la oxidación puede reducirse mediante la aplicación de una fina capa grasa a las bolas, el vástago y al anillo de cierre a intervalos periódicos (por ejemplo, cada 250000 ciclos. En algunas aplicaciones muy sucias el mecanismo de bloqueo de las bolas puede recoger arena y escombros si la grasa está presente. En estos casos se recomienda que el mecanismo de cierre sea cubierto, y/o trasladó a un lugar menos sucio cuando la herramienta no se esté utilizando. Además, la eliminación de la grasa es una posible solución en estos casos.

- **Mantenimiento preventivo**

El sistema de cambio de herramienta y sus accesorios han sido diseñados para proporcionar una larga vida con un mantenimiento regular. Se recomienda un programa de inspección visual y un mantenimiento preventivo, según la aplicación y según la frecuencia de cambio, tal y como se muestra en la siguiente tabla

Tabla IV.8: Mantenimiento preventivo del sistema de cambio de herramienta.

Aplicaciones	Frecuencia de cambio de herramienta	Programa de inspección
Uso general Manejo de materiales	>1 por minuto	Semanalmente
	<1 por minuto	Mensualmente
Operaciones de mecanizado, fundición, soldadura... (Ambientes sucios)	Cualquiera	Semanalmente
Listado de componentes a revisar: Bolas, Pines de alineamiento, bridas de interface, juntas de caucho, conexiones eléctricas etc.		

4.4 Sistemas auxiliares

4.4.1 Componentes estructurales

Dentro de los componentes estructurales o mecánicos utilizados, destacamos los perfiles de aluminio de la marca NIKAI [14], ya que se utilizan en muchos diseños hardware que se explicaran en el siguiente capítulo. Entre las ventajas que se destacan:

- La facilidad, rapidez y limpieza del montaje.
- La versatilidad que ofrece en el diseño de estructuras.
- Utilizable en todo tipo de utilidades.
- Compatibilidad con otros sistemas existentes en el mercado.
- Suministro: cortado y mecanizado a la medida solicitada, en kit o en barras.

En la siguiente figura se muestran algunos de los perfiles suministrados por dicha marca:

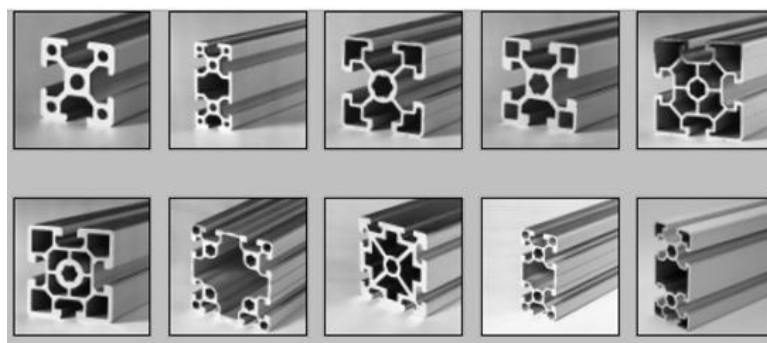


Figura IV.49: Diferentes tipos de perfil de la marca Nikai.

Los perfiles utilizados se muestran en la siguiente figura (dimensiones en mm):

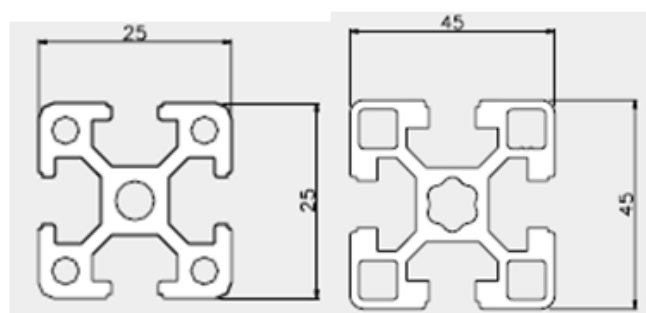


Figura IV.50: Nikai empleado.

4.4.2 Componentes eléctricos

Algunos de los elementos eléctricos y electrónicos más importantes utilizados en la célula se detallan a continuación:

- ***Interruptores automáticos y diferenciales.***

Para el control de los diferentes dispositivos eléctricos de elevada potencia se ha procedido a la instalación de interruptores automáticos y diferenciales. De esta forma se asegura el correcto funcionamiento de cualquier equipo y la seguridad en la célula de fabricación robotizada.

- Interruptor automático magneto-térmico Merlin-Gerin C60N de 10A y 5-XS1 Siemens de 4A. Es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos. El interruptor automático puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática.

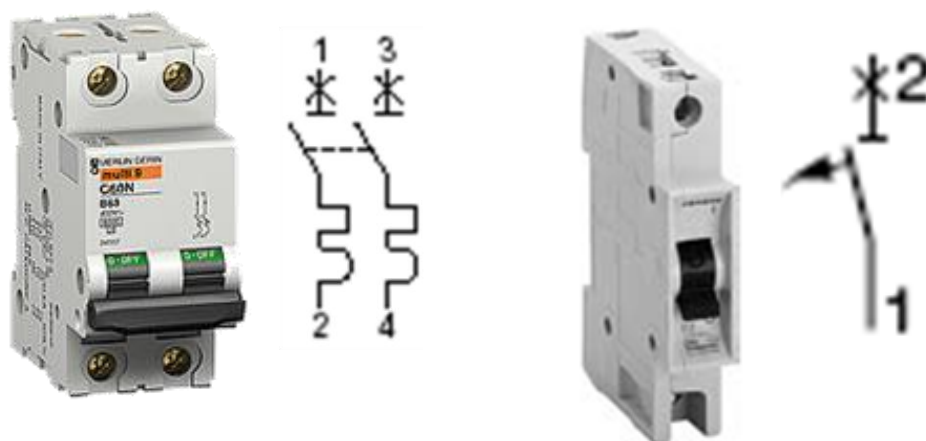


Figura IV.51: Interruptor automático.

- Relé **40.31 Finder** enchufable. Es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Mediante relés se puede activar/desactivar las fases de las señales de potencia con señales de baja intensidad. Las características principales son:

- Reticulado 3.5 mm
- 1 contacto 10 A
- Bobina DC (estándar o sensible) y bobina AC
- Contactos sin Cadmio
- 8 mm, 6 kV (1.2/50 μ s) entre bobina y contactos
- UL Listing (combinaciones relé/zócalo)
- Estanco al flux: RT II estándar,
- Zócalos serie 95
- Módulos de señalización y protección CEM
- Módulos temporizados serie 86

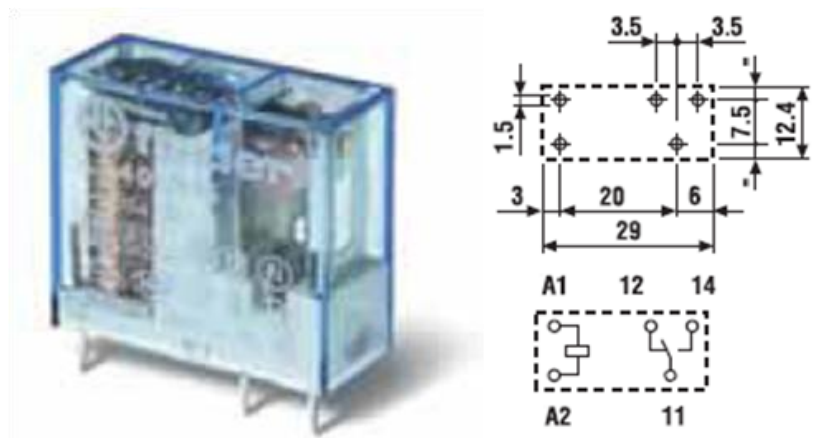


Figura IV.52: Relé

- **Convertor digital analógico (DAC)**

Este dispositivo convierte una entrada digital (generalmente binaria) a una señal analógica (generalmente voltaje). Los conversores digital-analógico son interfaces entre el mundo abstracto digital y la vida real analógica. Mediante una suma ponderada de los dígitos de valor 1 se consigue un convertor digital-analógico rápido; la ponderación puede hacerse con una serie de resistencias en progresión geométrica (cada una mitad de la anterior), lo cual obliga a utilizar un amplio rango de resistencias, o bien mediante una red R-2R que efectúa sucesivas divisiones por 2.

Para el PFC se ha utilizado un convertidor digital analógico **KR-12BIN/10-0** de la marca **KRENEL** [16]. Este DAC dispone de 12 bits y proporciona una salida de entre 0/10 voltios. De esta forma convierte una señal digital de 12 bits en código binario, a una señal analógica de tensión o intensidad, con 4096 puntos de resolución, 2^{12} . Se presentan en configuración modular estrecha para encajarse en perfiles de raíl DIN, con bornes enchufables por tornillos, de reducido espacio y consumo.

ENTRADA

- Entrada 12 bits optoacopladas
- Transistor PNP ó NPN (24V) y TTL

SALIDA 4 / 20 mA

- Resistencia de carga (<i>tensión</i>)	mín 1K Ohm
- Resistencia de carga (<i>corriente</i>)	máx 600 Ohm
- Intensidad máx. de salida (<i>tensión</i>)	25 mA
- Intensidad máx. de salida (<i>corriente</i>)	10 mA

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Resolución	12 bits < 0,025 %
- Temperatura de trabajo	-10° ... +55° C
- Tensión de alimentación	24 VDC (+/- 10%)
- Consumo máximo sin entradas	40 mA
- Absorción de corriente máxima por cada entrada digital	10 mA
- Protección contra cortocircuitos en la salida	
- Ajuste de OFFSET y SPAN exterior	

CARACT. MECÁNICAS

Protección:	IP 20
Cable conexión:	<2,5mm , 12 AWG
Caja:	Poliamida UL94. V2
Peso:	max. 105 gr.
Sujeción a raíl:	EN 50035, EN 50022

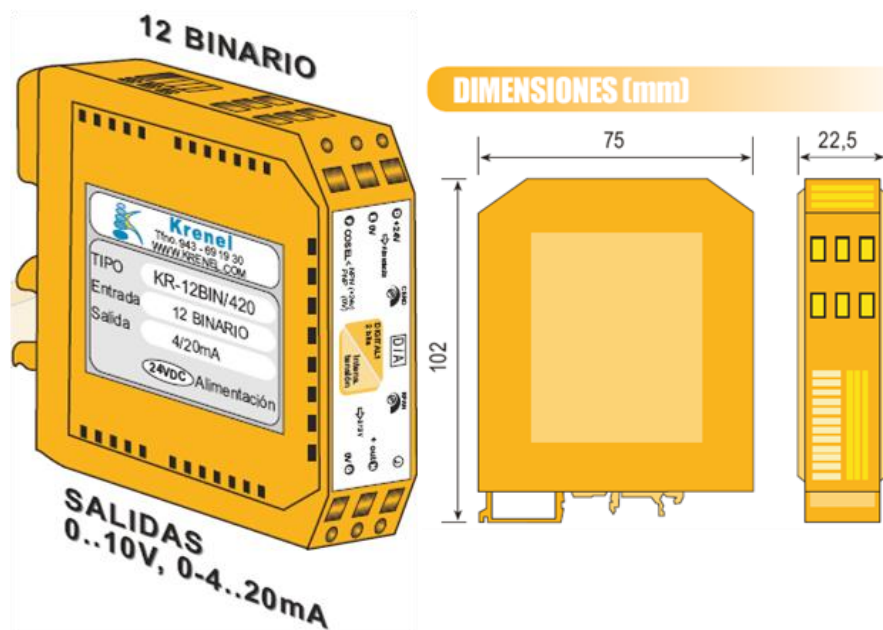


Figura IV.53: Datos técnicos del DAC de Krenel.

- *Controlador analógico para servomotor*

Para el uso adecuado del servo-motor SM3002 anteriormente descrito es necesario un sistema de control. Para ello se utiliza el **B30A40AC** de la marca **ADVANCED Motion Controls** [15]. El B30A40AC es un controlador analógico, mediante señales PWM, diseñado para el manejo de un servomotor brushless de corriente continua a altas velocidades de conmutación. Mediante un LED se puede observar el estado operativo, rojo/verde. El control está totalmente protegido frente a sobre tensión, sobre corriente sobre calentamientos y frente a cortocircuitos entre el motor, masa y conductores de potencia. Además la unidad puede interactuar con controladores digitales o ser usada de forma autónoma requiriendo únicamente un suministro de alimentación no controlado de corriente alterna. La ganancia en lazo cerrado, el límite de corriente, la ganancia de entrada y el offset se pueden ajustar usando potenciómetros. El offset, ajustado mediante un potenciómetro, puede también utilizarse como una señal de entrada para probar los efectos que conlleva. En definitiva esta unidad, conociendo el estado de giro del motor (sensores Hall) proporciona la secuencia de señales adecuadas a los bobinados del estator para un giro adecuado.

Tabla IV.9: Rango de funcionamiento del controlador analógico.



Figura IV.54: Controlador B30A40AC.

Rango de Potencia	
Máxima corriente de pico de entrada	30 A
Máxima Corriente continua de salida	15 A
Tensión de alimentación	45-270 VAC

Tabla IV.10: Características Controlador analógico.

Características	
Funcionamiento regenerativo en cuatro cuadrantes	Ajuste del offset mediante potenciómetro
Ajuste del límite de corriente	120/60 fase de conmutación de los Hall
Habilitado/deshabilitado de forma lógica	Control de velocidad mediante Hall
Contiene un regulador de derivación	Control de velocidad mediante Encoders
Con terminales externos del regulador de derivación	Realimentación diferencial de los encoder
Potenciómetro para ensayos	Inhibición de señales fuera de límites

4.4.3 Componentes neumáticos e hidráulicos

En este apartado se describen todos los sistemas neumáticos auxiliares que forman parte de la célula robotizada:

- **Válvulas.**

Las válvulas utilizadas en la célula robotizada son de dos tipos distintos ambos de la marca SMC con cinco vías y dos posiciones accionadas. El empleo de una u otra se debe únicamente al tamaño ocupado, debido al reducido espacio disponible en algunos casos. En la siguiente figura podemos ver ambos modelos con su esquema neumático seguido de una tabla que resume las principales características de ambas:

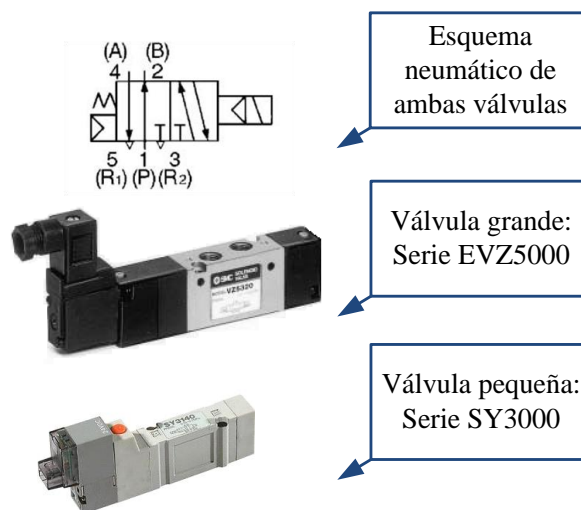


Figura IV.55: Válvulas neumáticas.

Tabla IV.11: Características válvulas.

Atributo	Valor	
	EVZ5000	SY3000
Presión de funcionamiento (bar)	1.5-7	1.5-7
Tiempo de respuesta (ms)	20	12
Frecuencia máxima de operación (Hz)	10	10
Voltaje de solenoide (V _{dc})	24	24
Consumo (W)	1.8	0.35
Peso (g)	120	57

- **Ventosas**

Estas ventosas son empleadas en las áreas de almacén y trabajo de la célula robotizada para el agarre de distintos elementos. Consisten en el modelo más simple de ventosa de la marca PIAB, apta para manipulación de objetos planos o ligeramente curvos.

En la siguiente figura se puede ver las ventosas empleadas, así como un dibujo con sus medidas:

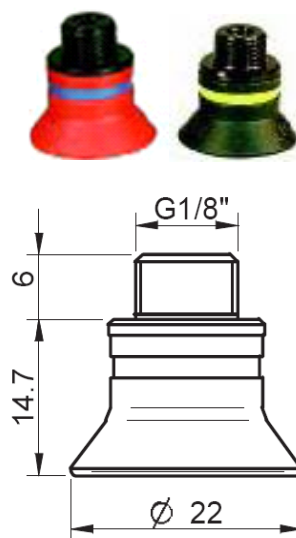


Figura IV.56: Ventosas.

Sus características principales son:

Tabla IV.12: Características ventosas.

Atributo	Valor
Diámetro ventosa (mm)	20
Radio de curva mínimo (mm)	8
Movimiento vertical máximo (mm)	4.5
Peso (g)	2.2
Dureza goma (°shore A)	50

- **Bombas de vacío**

Se trata de un generador de vacío ZH10B de SMC que combina la sencillez de diseño con un alto rendimiento. En la figura siguiente, mediante el suministro de aire comprimido por el puerto P se logra generar vacío en el puerto V por efecto venturi.

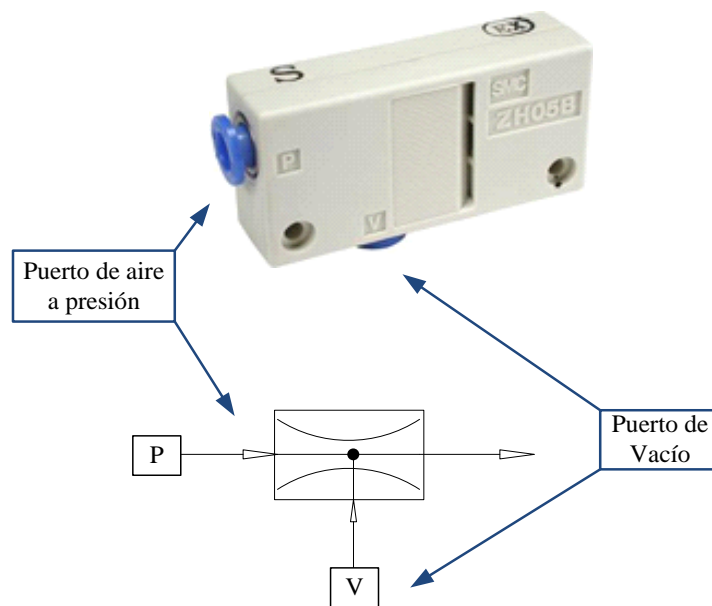


Figura IV.57: Bomba de vacío.

Estos generadores son a menudo más pequeños y más ligeros que los voluminosos generadores centrales de vacío, además de proporcionar una respuesta más rápida. Un silenciador colocado en el escape mantiene el ruido al mínimo. En la siguiente tabla se resumen algunas de sus características principales:

Tabla IV.13: Características bombas de vacío.

Atributo	Valor
Diámetro boquilla (mm)	1.0
Tipo caja	Con silenciador
Depresión máxima (kPa)	-48
Caudal máximo de succión (l/min)	34
Consumo de aire (l/min)	46
Peso (gr)	33

- ***Interruptores de presión***

Se trata de un modelo de interruptor de presión ajustable de la serie F4 de la marca FOX basado en un microinterruptor que se acciona cuando se alcanza la presión preconfigurada mediante un tornillo localizado en el centro del interruptor. En la siguiente figura se observa el interruptor destacando los dos tipos de conexiones: las patillas numeradas del uno al tres corresponden con señales eléctricas mientras que la señal P corresponde con la señal neumática.

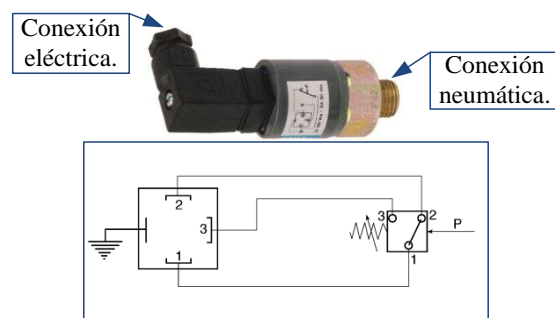


Figura IV.58: Interruptor de presión.

La patilla 1 se conecta con la 3 cuando se alcanza el valor de presión configurado, permaneciendo conectada a la patilla 2 en caso contrario. De esta manera se consigue cambiar el valor de la señal eléctrica 1 mediante una señal neumática P. En la siguiente tabla se resumen algunas de sus características más importantes del interruptor de presión:

Tabla IV.14: Características interruptor de presión

Atributo	Valor
Gama de ajuste de presión	0.2 - 2.5bar
Conexión	1/4 in. BSP
Peso	50 gr
Contacto nominal DC	0.15A 110 V(dc)
Contacto nominal AC	0.5A 250 V(ac)
Presión de funcionamiento	25bar
Frecuencia máxima de	60ciclos/min
Método de ajuste	Roscada
Precisión	±4% of Set Pressure

- **Regulador de presión**

Se trata de un regulador de Legris de la serie LF3000 montado en un cilindro que reduce la presión de de alimentación en una dirección de movimiento. Optimiza el rendimiento del sistema al mismo tiempo que conserva la valiosa energía del aire comprimido. Para simplificar la configuración consta de un tornillo calibrado de ajuste de presión como se puede observar en la siguiente imagen:



Figura IV.59: Regulador de presión.

En la tabla siguiente se muestran algunas de sus características principales:

Tabla IV.15: Características regulador de presión.

Atributo	Valor
Presión de entrada máxima	16bar
Presión de salida	1 to 8bar
Puerto de entrada de suministro	G 1/8
Tamaño de puerto de salida	4mm
Montaje en panel	No
Peso	38 gr

- **Sistema de refrigeración**

Como se comento anteriormente en la descripción del motor brushless, es necesario un sistema para la refrigeración de los devanados del estator del motor. Hay que mantener la temperatura en un rango óptimo de funcionamiento entre 50° y 60°, controlando que nunca se excedan los 80°. Para ellos se ha escogido el sistema de refrigeración **Coolmates 3** de la marca **Miller**, recomendado por PushCorp, fabricante del servomotor brushless.

- Diseño compacto horizontal que permite su apilamiento y un montaje conveniente.
- Refrigerador de tamaño mediano, pesa 18kg vacío.
- Dispone de interruptor de encendido y apagado, paleta indicadora del flujo de refrigerante, filtro y orificio de llenado del depósito, todo en la parte frontal.
- Depósito de refrigerante de polietileno moldeado, ventilador y boquilla de llenado inoxidable.
- Eficientes tubos y aletas intercambiadores de calor.



Figura IV.60: CoolMate 3

- Motor HP ¼ protegido frente a sobrecalentamientos.
- Bastidor es de latón, y dispone de una bomba de paletas rotativa que proporciona el desplazamiento coherente del flujo refrigerante con la presión esperada.

Tabla IV.16: Características sistema refrigerador.

Voltaje de entrada 50/60 Hz	Corriente máxima 50/60Hz	Capacidad máxima de refrigeración	Media de refrigeración	Capacidad del deposito	Dimensiones (mm)	Peso neto
230 VAC	2,5A/3,0A	3,82 KW 4 L/min	1,42 KW 1 L/min	11,4 L	Largo: 584 Ancho: 311 Alto: 337	20 Kg

4.5 Descripción de los productos de la célula robotizada

Como se ha comentado en diversas ocasiones, la célula diseñada en este proyecto tiene como fin la ejecución de distintos procesos de mecanizado y de ensamblado del sector de la construcción.

Como ejemplo de aplicación, se han realizado procesos consistentes en el ensamblado de un módulo de aguas, y diferentes mecanizados a baldosas.

En este apartado, se va a realizar una descripción tanto de los materiales de construcción como de los productos de salida de la célula, para ambos procesos.

4.5.1 Ensamblado del módulo de aguas

El modulo de aguas ensamblado en esta célula robotizada, es un ejemplo del Service Core diseñado en el proyecto Manubuild. Está formado por un bastidor y por un sistema de saneamiento.

El bastidor está formado por barras de aluminio unidas mediante racores de poliamida, formando una estructura rígida que da soporte al sistema de saneamiento. Igualmente, el sistema de saneamiento está compuesto por tuberías y los racores que las unen, formando el circuito deseado.

Como ya se definió con anterioridad, todo módulo ServiceCore contiene un sistema de canalización de aguas. En nuestro caso, se ha procedido a la realización de un sistema distribuidor de aguas genérico, el cual pudiera ser valido tanto para conductos de desagüe como para conductos de canalización de agua fría y caliente sanitaria, la única diferencia estriba en el uso de un determinado material.

Como muestra general se va a llevar a cabo la construcción de dos diferentes ServiceCore que mostraran su utilidad. En cada uno de ellos habrá una configuración diferente de canalizado de aguas, y estarán diseñados para su posterior ensamblaje. Mediante el sistema de saneamiento se produce el suministro de agua y la bajada de las mismas.

En la siguiente figura podemos ver un ejemplo de sistema de saneamiento constituido por dos módulos de agua conectados, donde se pueden apreciar claramente los sistemas que lo componen:

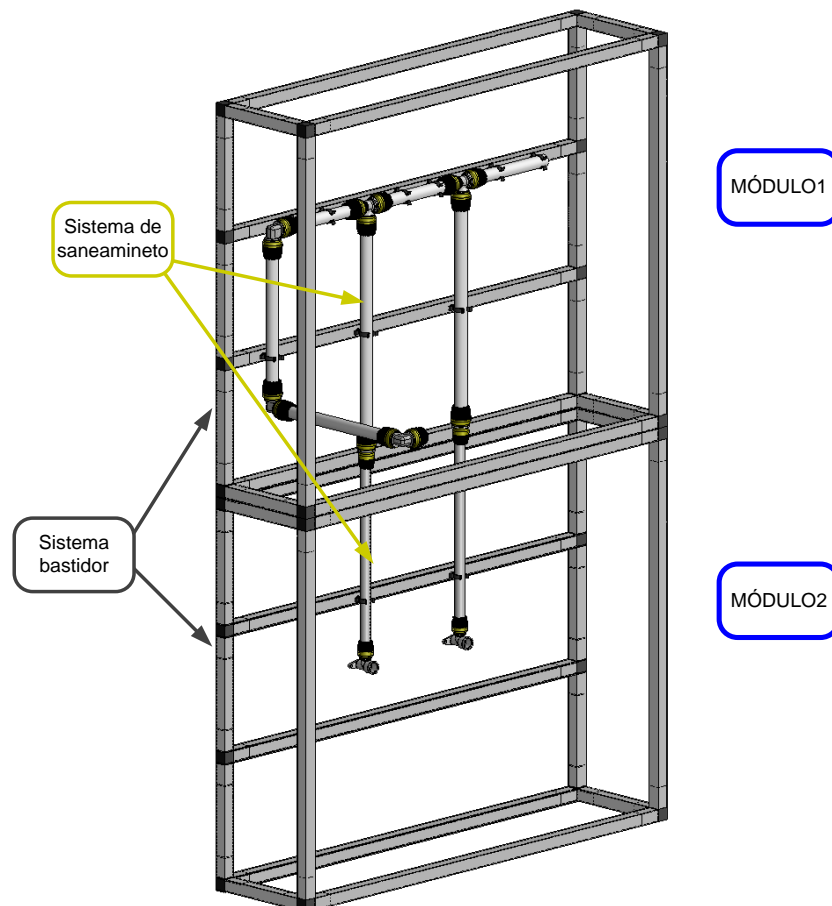


Figura IV.61: Ejemplo de sistema de saneamiento.

- **Bastidor**

Los racores son los elementos encargados de unir las barras de las que está compuesto el bastidor. Se trata de racores de poliamida reforzada acabados en negro de ALU-STOCK [17]. El bastidor diseñado en este proyecto cuenta con dos tipos de estos racores: racores esquinera para la unión de tres barras formando una esquina; y racores “Te” para la unión de tres barras en el plano, mostrados en la siguiente figura:

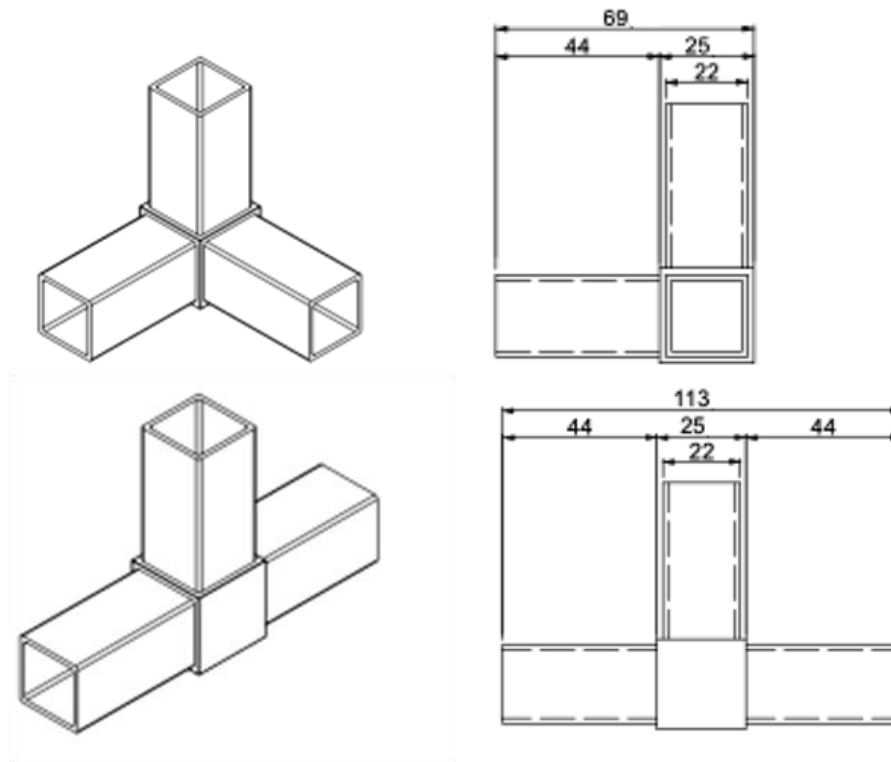
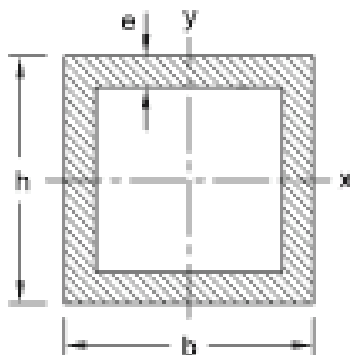


Figura IV.62: Racores bastidor.

Por otro lado, las barras consisten en perfiles regulares de aluminio extruido. Se venden en barras de 6050 mm, y su sección deja un espacio interior donde encaja a la perfección el racor correspondiente. Dicha sección es la siguiente:

Tabla IV.17: Sección barras bastidor.



$b \times h$ (mm ²)	e (mm)	Peso (kg/m)
25 x 25	1.5	0.4

Figura IV.63: Sección barras bastidor.

En la tabla siguiente vemos la lista de los materiales de los que está compuesto un bastidor:

Tabla IV.18: Elementos del bastidor del módulo de aguas.

ELEMENTO				
DESCRPCIÓN		CANTIDAD	NOMBRE	
Barras 25x25mm	Horizontales largas (950mm)	x6	hl1 hl3 hl5	hl2 hl4 hl6
	Horizontales medianas (750mm)	x2	hm1 hm2	
	Horizontales cortas (233mm)	x6	hc1 hc3 hc5	hc2 hc4 hc6
	Verticales (200mm)	x4	v1 v3	v2 v4
Racores	Esquinas	x8	e1 e5	e2 e3 e4 e6 e7 e8
	Tés	x4	t1 t2 t3 t4	

El bastidor completo, tiene una estructura y unas medidas de 1000x800x250 mm³, tal y como se muestra en la siguiente imagen (dimensiones en mm):

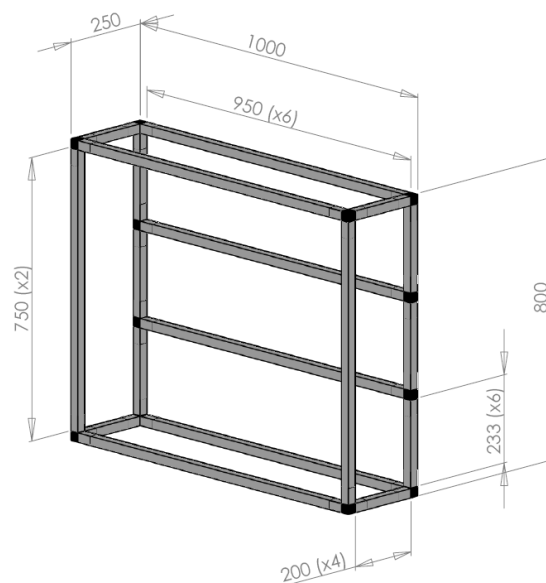


Figura IV.64: Medidas bastidor.

- **Sistema de saneamiento**

El material de saneamiento se ha obtenido de la marca comercial BLANSOL [18] y se puede dividir en dos tipos:

- *Tuberías*, son los cilindros huecos por donde circulará el líquido, siempre se trata de tramos rectos, por lo que para cambiar la dirección, sentido o magnitud en la que circula el fluido es necesario otros elementos. En el sistema se dispone de dos tipos de tubería:

- *Tubos de Φ igual a 25mm*: Se trata de tubería rígida multicapa de PEX/Al/PEX, en las que, como su propio nombre indica, tanto la capa interior como la exterior están hechas de polietileno reticulado, mientras que la capa media está realizada por aluminio. De esta forma se le dota de rigidez a las canalizaciones. Este material, es el más adecuado para las tuberías multicapa en las que el material puede llegar a alcanzar altas temperaturas, hasta 95°C, como por ejemplo en la calefacción por radiadores. También se garantiza la compresión de la unión con racores a altas temperaturas, no existiendo riesgo de fugas.
- *Tubos de Φ igual a 20mm*: Se trata de una tubería más flexible y deformable que la anterior. Está realizada por material plástico de PP, Polipropileno. También tiene buenas características, pero inferiores a las de PEX Ta.



Figura IV.65: Tuberías.

- **Racores:** engloba cualquier elemento de bifurcación o unión de caudal, tal como puede ser, codos, té, llaves, codos terminales, elementos elevadores/reductores de caudal, etc.

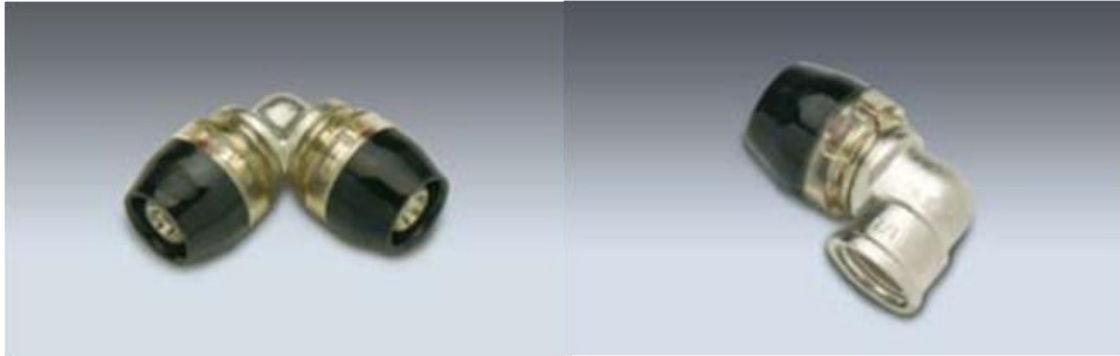


Figura IV.66: Racores saneamiento.

Los racores tienen un mecanismo para acoplarse a las tuberías bastante innovador, ya que no es necesario realizar ningún trabajo mecánico entre los elementos para ensamblarlos. Se trata del sistema IxPress que encaja perfectamente en la filosofía del proyecto, y la automatización de los procesos. Este sistema se denomina press-fitting al no ser necesario herramientas para su montaje como en los métodos tradicionales, lo que hace que también sea más seguro. Además proporciona una gran rentabilidad en otros aspectos, como rapidez de montaje, simplicidad de utilización o mayor fiabilidad. El sistema IxPress ya ha sido utilizado y probado en el mercado japonés, el más exigente en cuanto a seguridad de los accesorios, desde hace algunos años.

Físicamente, la tecnología del sistema se basa en su casquillo metálico de sujeción de la tubería, fabricado con un acero especial al que se le han aplicado unos tratamientos térmicos que le proporcionan un efecto de muelle. Esta tecnología proviene de la industria japonesa del automóvil. Tras hacer saltar el tope, al insertar la tubería, el casquillo de sujeción amarra la tubería con total seguridad, absorbiendo perfectamente las variaciones dimensionales que pudieran producirse en la tubería.

La propiedad clave del sistema de anillo de sujeción está en que su efecto muelle permite asegurar en todo momento la estanqueidad, gracias a que siempre estamos ejerciendo fuerza de apriete constante sobre la tubería, absorbiendo perfectamente la fluctuación en el diámetro que tienen las tuberías. El punto débil de todos los accesorios sin herramientas tipo push-fit, es como absorber las variaciones dimensionales que se dan en las tuberías.

En la práctica las tuberías nunca tienen las dimensiones nominales, bien por las tolerancias de fabricación que permiten las normas (hasta 3 decimas de tolerancia en el diámetro exterior y hasta otras 3 en el espesor) o por los cambios dimensionales que se producen en la tubería cuando el accesorio está trabajando a altas temperaturas. El casquillo de apriete del sistema ix-Press permite absorber dichos cambios dimensionales, garantizando en todo momento una fuerza de apriete constante y una seguridad total, ya que en los sistemas tradicionales las variaciones dimensionales en el tubo afectan a la fuerza de compresión y, por tanto, a la seguridad de la unión, corriendo un riesgo de fuga.

Como medida adicional de seguridad, el sistema dispone de un bicono que se clavaría sobre la superficie del tubo, en caso de que este tendiera a deslizarse hacia el exterior. Se usara tanto conectores para tubo de 25mm de diámetro como para tubo de 20mm de diámetro. La distancia de tubo que se introduce en el interior del racor será 25mm para tubo de 25mm de diámetro, y 22mm para tubo de 20 mm de diámetro.

En la siguiente figura se muestran los sistemas que lo componen:

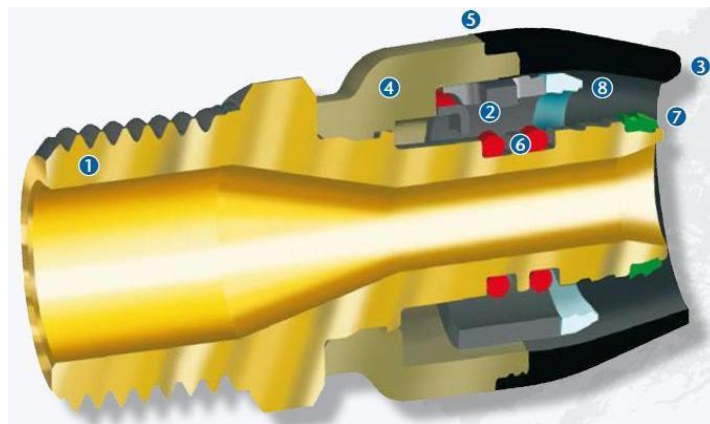


Figura IV.67: Sistema ix-Press

• *Elementos de fijación*: Son los encargados de fijar el saneamiento a la estructura del bastidor. Estos elementos deben cumplir los requisitos mínimos de automatización y flexibilidad que se le requieren al sistema, es decir deben producir sujeción sin el empleo de herramientas, ni para su colocación, ni a la hora de prender los elementos de canalizado de aguas. De esta forma se ha optado por un sistema de aprensión por presión del tubo sobre la abrazadera. Al estar realizadas por plástico rígido cederán de forma adecuada para ejercer presión sobre los elementos. Su instalación se basa en el mismo método, la abrazadera dispone de un macho anti-retroceso de plástico rígido, este al ser introducido en un agujero de dimensiones adecuadas queda incrustado. Para el montaje de ambos Service Core se utiliza abrazaderas para tubo de 20mm y 25mm de diámetro. A continuación se muestran las dimensiones y la utilidad:



Figura IV.68: Elementos de fijación

En la siguiente tabla se observa la lista de los materiales de los que está compuesto un bastidor:

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

Tabla IV.19: Elementos del sistema de saneamiento del módulo de aguas.

ELEMENTO			
DESCRIPCIÓN	LONGITUD/NOMBRE	CANTIDAD	NOMBRE
Tubos Φ 25mm	200 mm	x3	Tub200_1 Tub200_2 Tub200_3
	300 mm	x2	Tub300_1 Tub300_2
	450 mm	x2	Tub450_1 Tub450_2
Tubos Φ 20mm	400 mm	x2	Tub400_1 Tub400_2
Racores	Tés	x2	Te_1 Te_2
	Codos	x3	Codo_1 Codo_2 Codo_3 Codo_4
	Reductores	x2	Rdtr_1 Rdtr_2
	Codos terminales	x2	C_fin_1 C_fin_2
	Llave	x1	Llave
Abrazaderas	Para tubo de 25 mm	x9	Abraz_25_1....Abraz_25_9
	Para tubo de 20 mm	x4	Abraz_20_1....Abraz_20_4

Los diseños de los módulos Service-Core quedan de la siguiente forma:

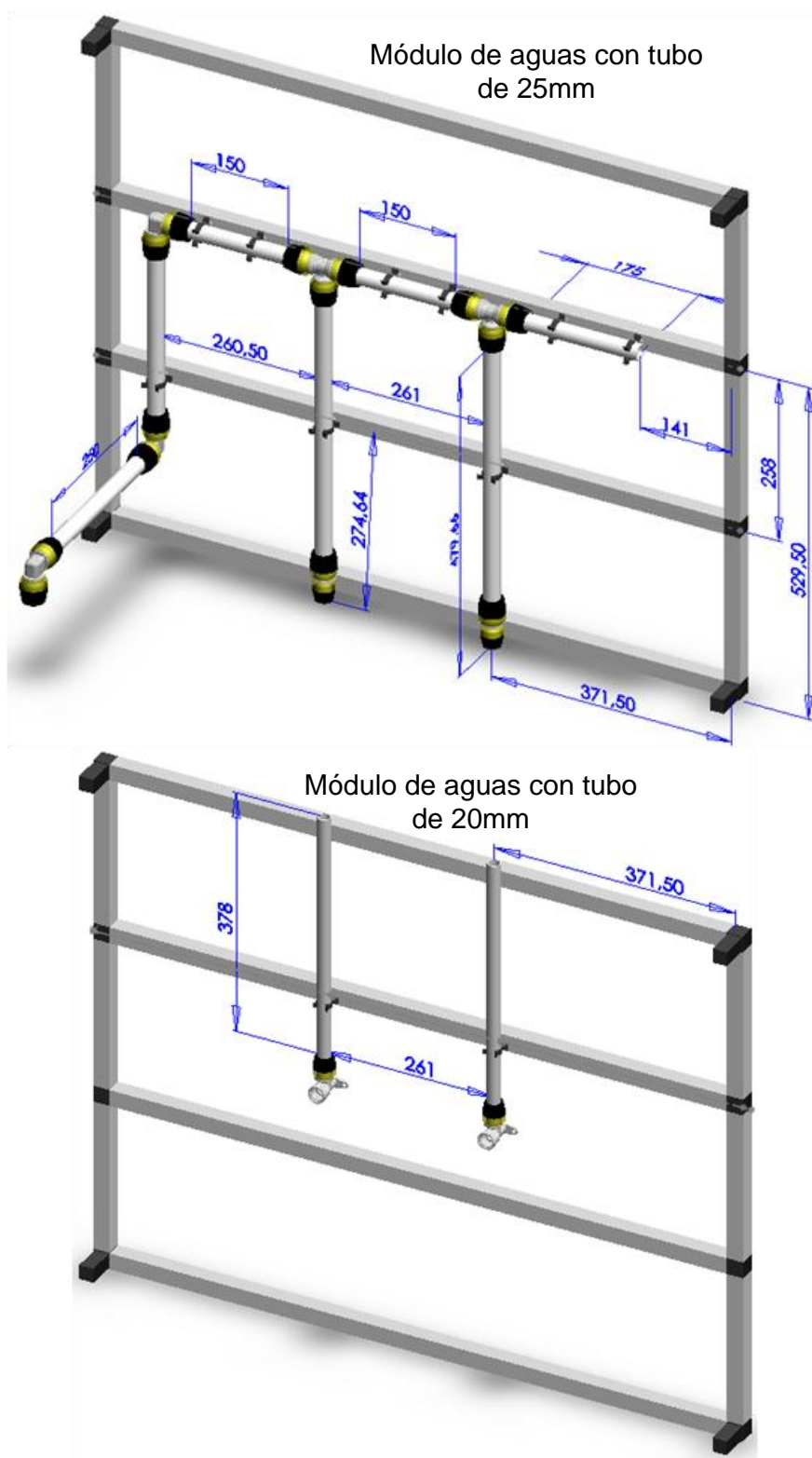


Figura IV.69: Ejemplos sistema de saneamiento.

4.5.2 Mecanizado de baldosas

Éste es el otro objetivo de la célula robotizada diseñada en este proyecto, el cual consiste en realizar diferentes mecanizados a baldosas.

Como ejemplo de aplicación se han realizado diversos cortes a baldosas cuadradas de polietileno de área 400x400 mm y de sección 6 mm. Hay que destacar que los cortes realizados son solamente para mostrar la flexibilidad que se ha logrado en la célula robotizada a la hora de realizar mecanizados en baldosas, pudiendo realizar casi cualquier corte que fuese necesario en la obra.

Los distintos cortes realizados se han dividido en dos grupos:

- **Mecanizado de piezas grandes:**

Consiste en el corte de cuatro piezas de puzzle distintas, que cada una de ellas ocupa prácticamente la totalidad de la baldosa. Las cuatro piezas diseñadas se muestran en la siguiente figura, junto con un ejemplo de un puzzle formado por nueve piezas:

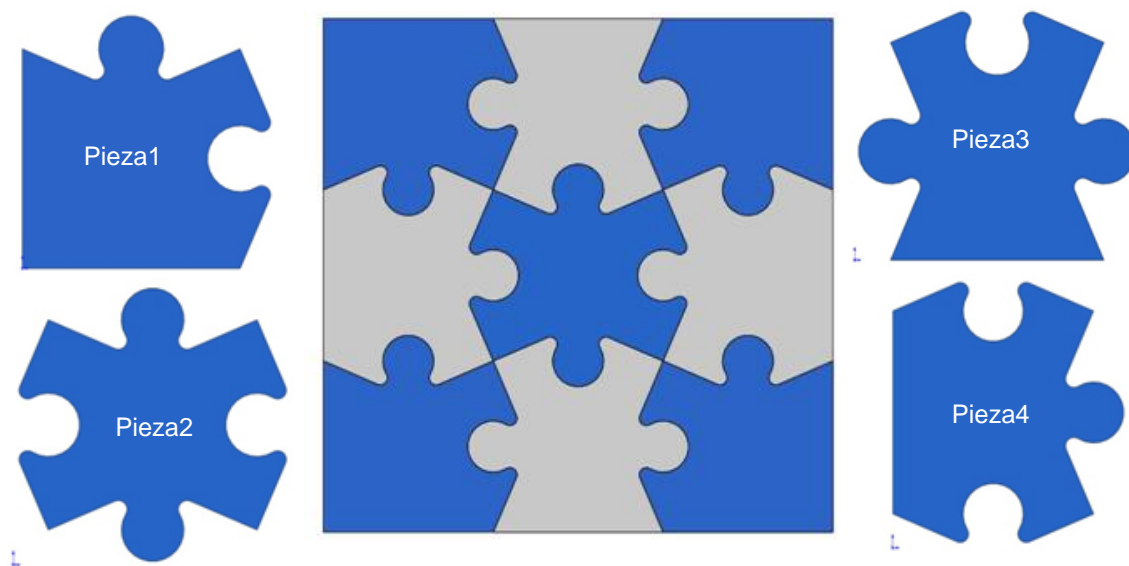


Figura IV.70: Mecanizado de piezas grandes.

- **Mecanizado de piezas pequeñas:**

Consiste en el corte de treinta piezas de puzle distintas, cuyo tamaño individual queda inscrito en un cuadrado de lado 200mm. Las piezas no tienen ninguna simetría en común. El objetivo inicial es el siguiente:

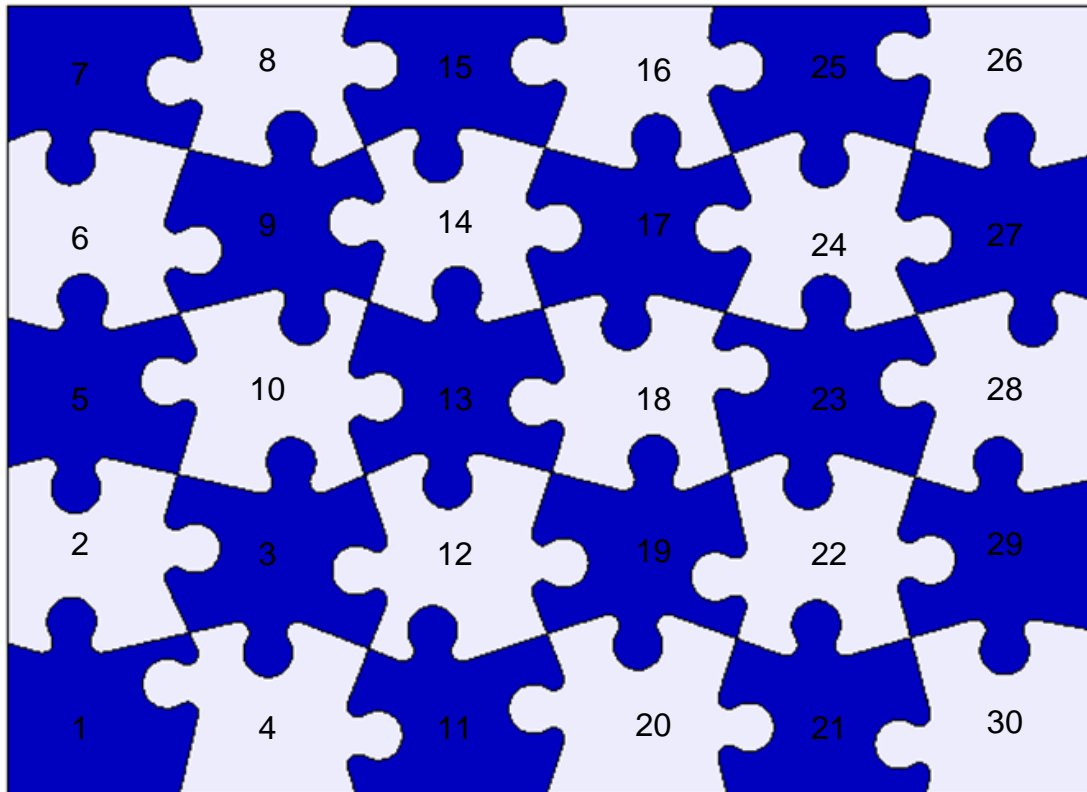


Figura IV.71: Mecanizado de piezas pequeñas.

En el capítulo de diseño software se hablara más en profundidad del diseño de las piezas en CAD para su posterior uso en el programa virtual del robot. El mecanizado del puzle en general se realizara por sectores, sacando de cada baldosa cuatro fichas individuales.



V. DISEÑO DE LA CÉLULA ROBOTIZADA

5.1 Diseño hardware

En este apartado se describirán todos los diseños físicos necesarios para la implementación de los distintos sistemas que componen las áreas descritas en el Capítulo III. Por tanto, este apartado se ha dividido en el diseño de los sistemas de cada área:

- Diseños de los sistemas del área del sistema robótico.
- Diseños de los sistemas del área de almacén.
- Diseños de los sistemas del área de trabajo.

Al comienzo del apartado para cada área, se enumerarán todos los diseños necesarios para su desarrollo completo, señalando los que están dentro del alcance de este Proyecto Fin de Carrera. El resto de diseños se encuentra en “*DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE ROBOTIZADA (I)*”

5.1.1 Diseños realizados para el área del sistema robótico

Como ya se ha comentado en capítulos anteriores, el área del sistema robótico está compuesta por el robot, las herramientas, el sistema de almacenaje de las mismas y el sistema de cambio de herramienta que hace posible que el robot pueda utilizarlas. Por tanto, los diseños realizados serán los necesarios para implementar dichos sistemas. A continuación se muestra una lista con todos los diseños realizados, destacando que están dentro del alcance de este Proyecto Fin de Carrera:

- **Diseño de la pinza mecánica.**
- Diseño de la garra neumática.
- **Diseño de la herramienta de mecanizado.**
- Diseños para la integración física del sistema de cambio de herramienta.
- Diseño del sistema de almacenaje de herramientas.
- Circuito neumático completo.
- **Circuito eléctrico completo.**

5.1.1.1 Implementación de la pinza mecánica.

Se ha desarrollado e implementado una pinza mecánica específica para la manipulación y ensamblaje de diferentes elementos. La pinza mecánica es muy utilizada en la industria robotizada debido a la gran versatilidad que puede llegar a ofrecer los elementos efectores de la pinza, mediante un buen diseño. Otras características que lo hacen un sistema muy utilizado es que son elementos bastante rígidos y resistentes además de que su coste resulta bastante asequible. El agarre se utiliza mediante la presión que ejercen los elementos terminales sobre los elementos. Se la suele denominar gripper. El diseño de la pinza mecánica está formada por:

- El cuerpo de la pinza, es el encargado de ejercer el movimiento de los elementos terminales.
- Elementos efectores. Son los dedos que aprisionan el elemento a ensamblar o manipular.
- Un circuito electro-neumático para controlar las funciones, abrir o cerrar.

Este diseño ha sido realizado por el presente proyecto fin de carrera, por tanto en los próximos apartados se realizará una descripción de los distintos sistemas que lo componen.

➤ Cuerpo de la pinza

El cuerpo principal de la pinza mecánica es el sistema MHQG2-32D de la marca SMC, cuyas características se han explicado con anterioridad. Tanto para el diseño de los elementos terminales como para el circuito electro-neumático se deben tener en cuenta una serie de características del cuerpo. A continuación se enumeran las más importantes:

- Sistema de presión empleado por el cuerpo, funcionamiento mediante doble efecto.
- Presión máxima de funcionamiento, 6 bares.
- Fuerza máxima proporcionada por los dedos del cuerpo.
- Carrera de apertura.
- Modo de anclaje en los dedos (agujeros roscados a los lados, pasantes...etc.)

Un dato a tener en cuenta en el diseño es que en la implementación de la pinza mecánica no se mide la presión que se ejerce sobre los elementos, es decir, no se regula esta presión, con lo cual el cuerpo siempre genera una presión máxima, proporcional a la magnitud de presión de entrada al mismo. La fuerza necesaria de actuación se calcula teniendo en cuenta que debe ser diez o veinte veces mayor al peso del elemento a amarrar. También hay que tener en cuenta el coeficiente de fricción entre los elementos terminales y las piezas. Se ha tenido en cuenta un coeficiente de rozamiento mínimo, por lo cual la fuerza demanda se calcula en las condiciones menos satisfactorias. La ecuación final es la siguiente:

$$F = \frac{m \cdot g}{n \cdot \mu} \cdot a = \frac{m \cdot g}{2 \cdot 0.1} \cdot 4 = 20 \cdot mg = 20 \cdot 20 = 400N$$

Donde:

F= Fuerza de agarre (N)

m = masa de la pieza (Kg)

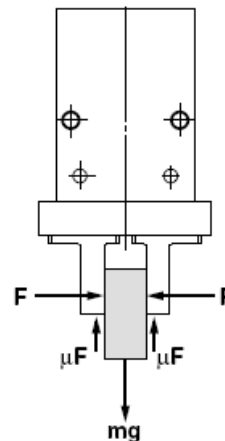
g = aceleración de la gravedad (m/s²)

m*g = peso de la pieza (N)

μ = coeficiente de rozamiento

a = relación recomendada por SMC

Figura V. 1: Diagrama de fuerzas



De esta forma se puede obtener la presión demandada con la carga máxima. Para ello analizamos el caso de agarre externo, mediante elementos efectores, como en nuestra pinza mecánica y vemos la curva aproximada.

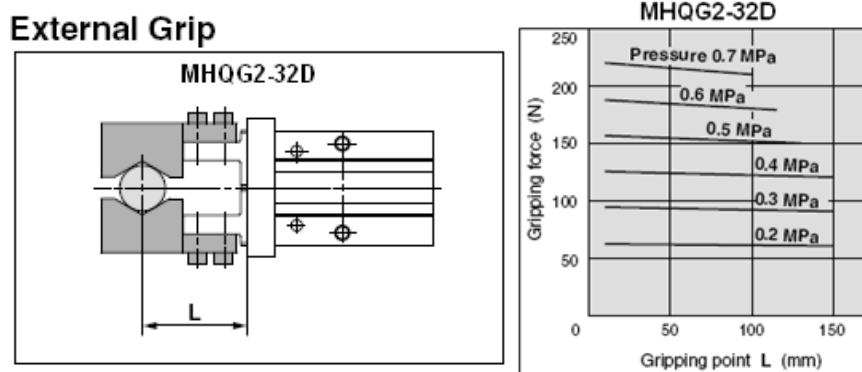


Figura V. 2: Curvas calculo fuerza de agarre

El cuerpo es el elemento que genera el movimiento de los elementos efectores, pero también es el bastidor central de la herramienta. Como se acaba de comentar, se trata de una pinza mecánica con agarre mediante elementos terminales, en este caso estos elementos están fijados a los dedos del cuerpo mediante un agujero roscado y un par de tornillos de M8 por cada terminal. La electroválvula pequeña SY3000, también de SMC, queda fijada mediante una placa de sujeción. Dicha placa está fijada al cuerpo mediante 2 tornillos pasantes M8 en dirección entrante al cuerpo. La electroválvula queda fijada a la placa mediante 2 tornillos pasantes M2 entrantes en el cuerpo. A continuación se ofrece una vista explosionada de estos montajes para la mejor comprensión del ensamblaje de estos elementos en la herramienta.

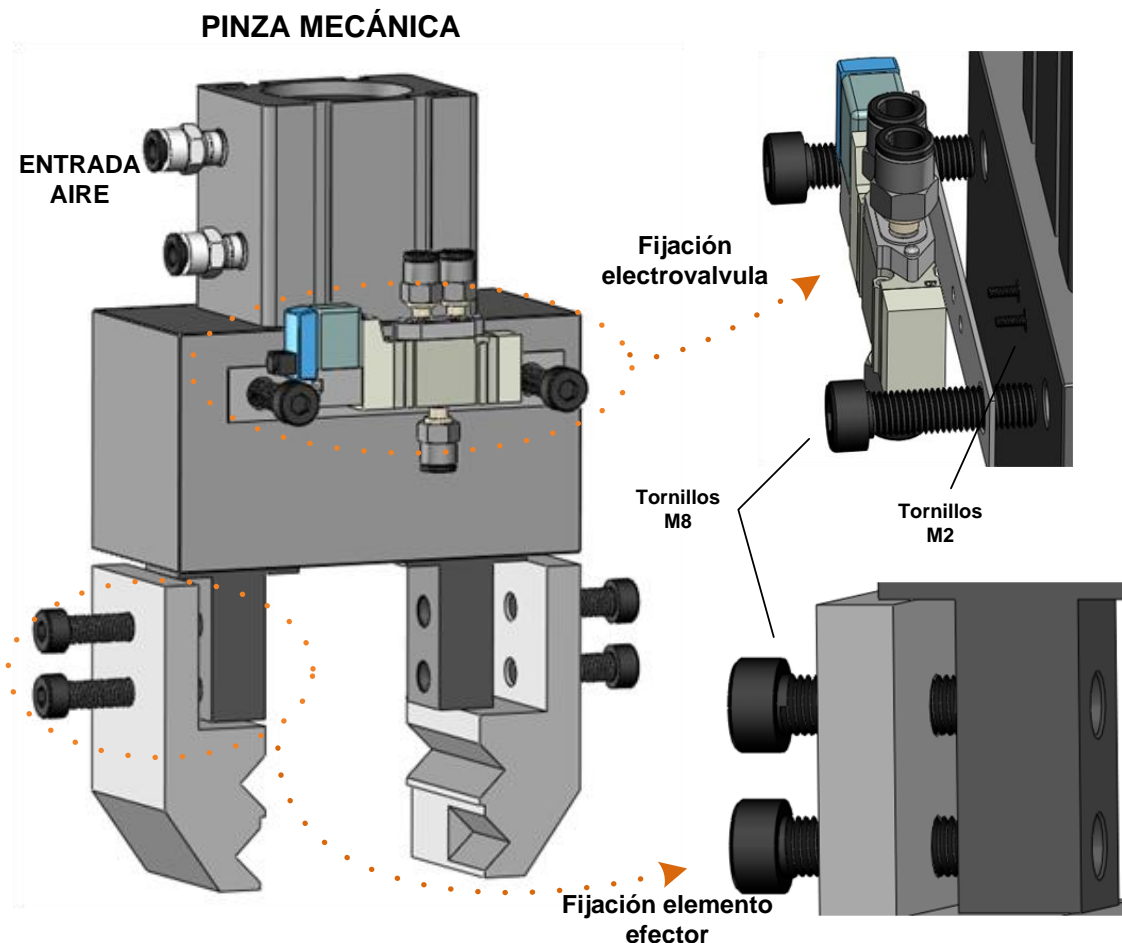


Figura V. 3: Montaje elementos al cuerpo

➤ Elementos efectores

Estos elementos transfieren la fuerza generada por el cuerpo (mediante sus dedos) a los elementos efectores, en cargados de aprisionar una pieza determinada. Se han fabricado mediante el mecanizado de un tocho de aluminio. Estos elementos tienen el deber de adaptarse perfectamente a la morfología de la pieza en cuestión ya que son elementos diseñados para este fin. En el caso de este PFC este diseño ha sido bastante dificultoso, barajándose varias posibilidades hasta el final, debido a la multitud de formas a coger en un mismo plano.

El diseño definitivo puede apreciarse en la figura anterior, a continuación se muestra únicamente los planos del elemento efector izquierdo, dado que son simétricos, efecto espejo.

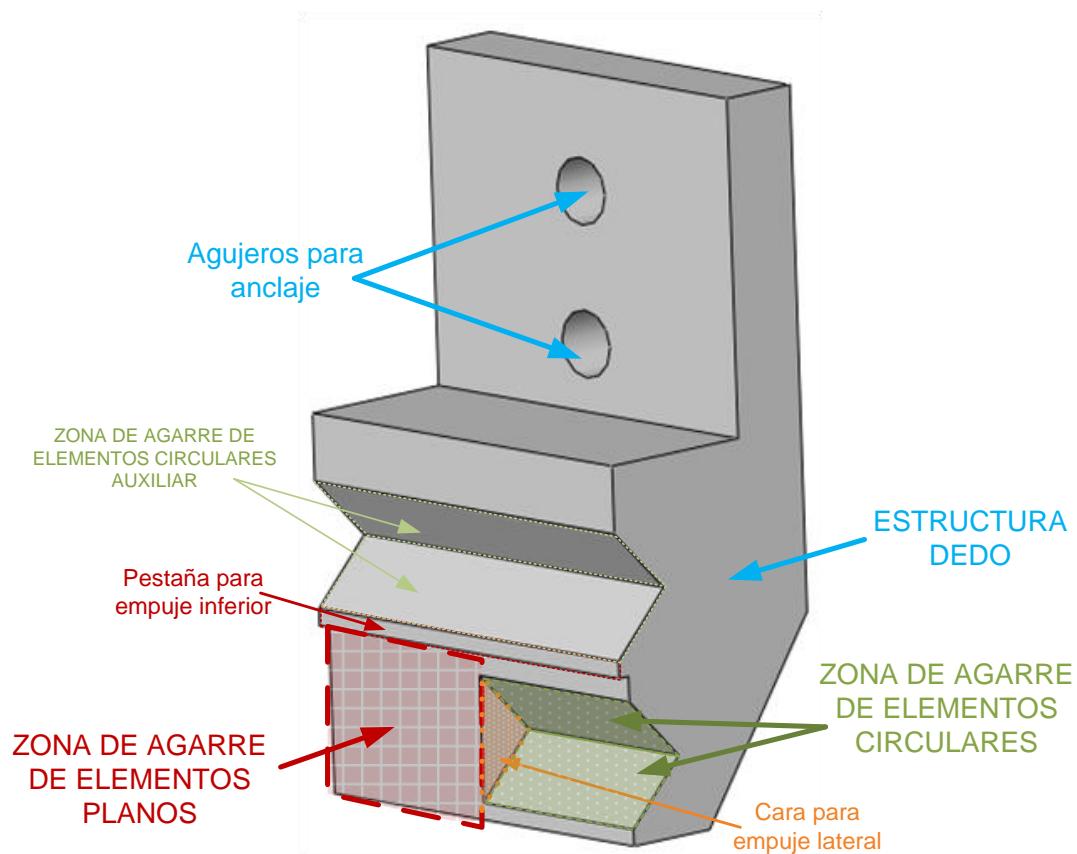
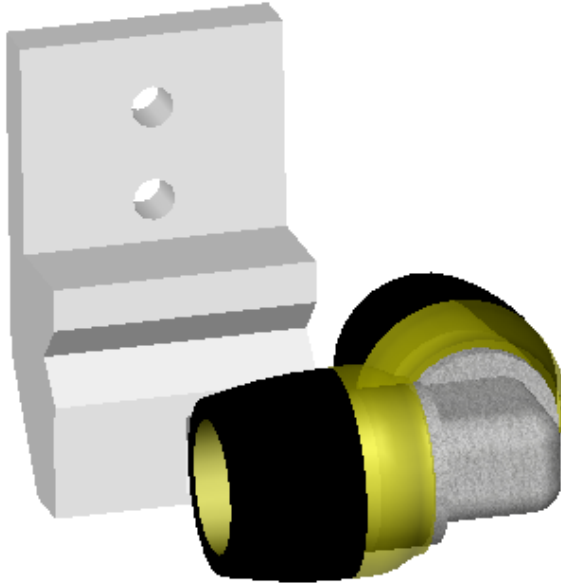


Figura V. 4: Estructura elemento efector

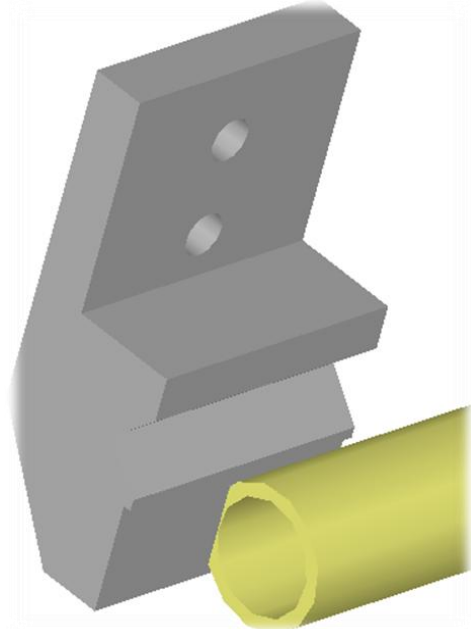
En el diseño de los elementos efectores hay que tener básicamente en cuenta algunos aspectos: longitud de carrera de los dedos del cuerpo, evidentemente las medidas de los elementos a sujetar, la maniobrabilidad del robot...etc.

Las diferentes formas de actuación en relación con las diversas piezas son las siguientes:

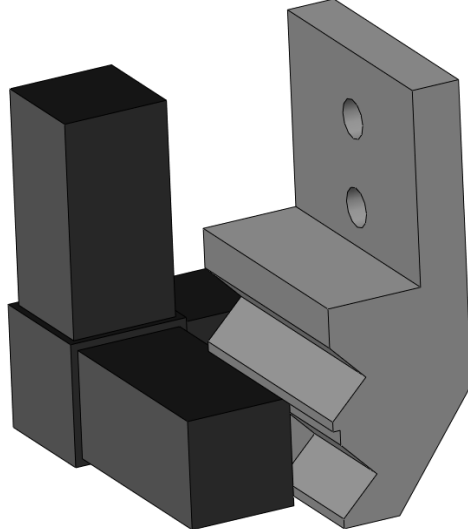
CODOS DE CABEZA CÓNICA



TUBOS CILÍNDRICOS



ESQUINERAS PLANAS



TUBOS PRISMÁTICOS LISOS

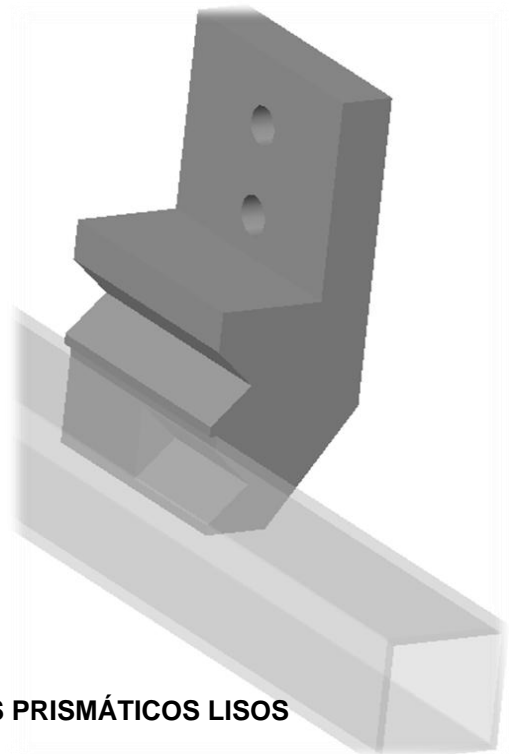


Figura V. 5 Usos de los elementos efectores

➤ Circuito electro-neumático

Para el correcto funcionamiento de la pinza mecánica el cuerpo dispone de una electroválvula. Como ya se ha comentado, la pinza debe cumplir dos funciones: abrir y cerrar, es decir separar y juntar los elementos efectores. Para el correcto inmovilizado de las piezas, estas deben quedar sujetas antes de que los dedos lleguen al final del carril. Como únicamente requiere dos estados sólo es necesaria una electroválvula controlada por una salida digital del robot. El circuito neumático se muestra en la siguiente figura:

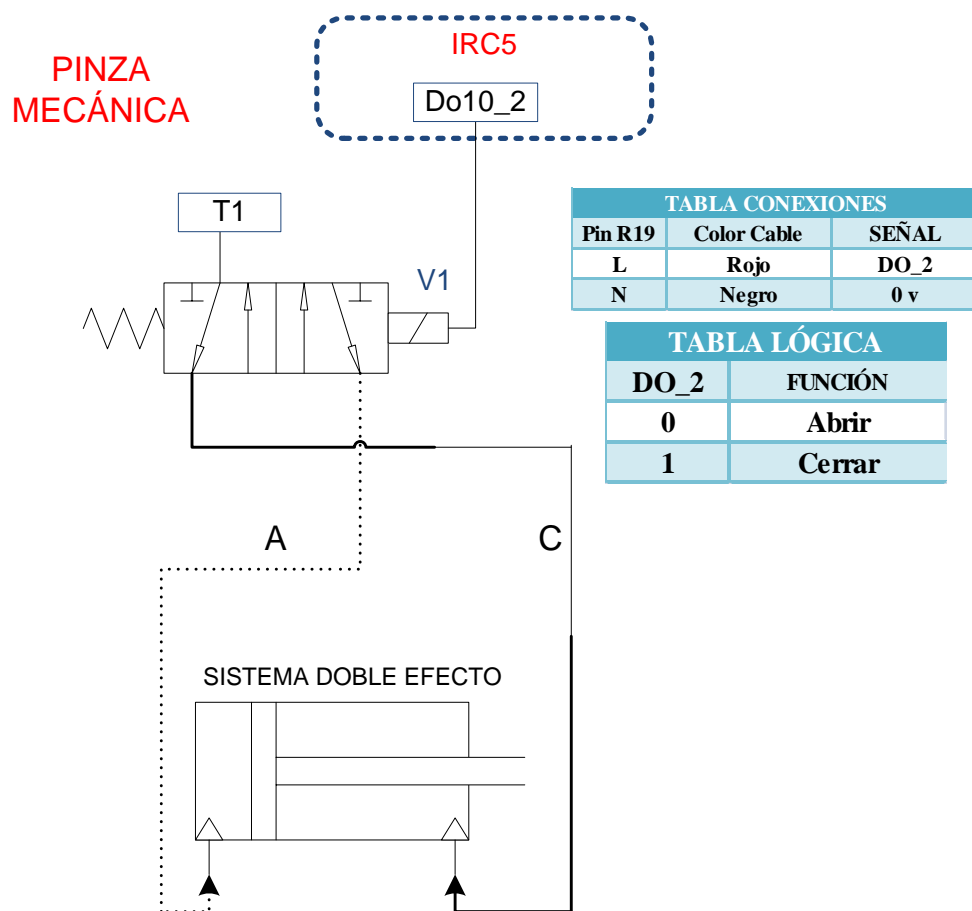


Figura V. 6Esquema electro-neumático pinza

- T1: Suministro de aire comprimido a la herramienta.
- V1: Válvulas 5/2 con accionamiento eléctrico.
- Do10_2: Salida digital del robot.
- D-DRCH Y D-IZQ: Dedo derecho y dedo izquierdo del cuerpo.
- A y C: Abrir o Cerrar dedos, es decir, soltar o aprisionar pieza.

La explicación del circuito electro neumático que se ha expuesto anteriormente es la siguiente: Como se verá en el apartado de integración del sistema de cambio de herramienta, cuando el robot acopla una herramienta, suministra aire comprimido por el conector T1. Las dos funciones que debe realizar la garra se logran mediante la electroválvula como se muestra en el circuito. La electroválvula V1 si el valor de Do10_2 es igual a "0" da paso al aire por el circuito C, que separa el cilindro de doble efecto. De lo contrario, si Do10_2 vale "1" la electroválvula da paso al aire comprimido por el circuito A, juntando los cilindros de doble efecto.

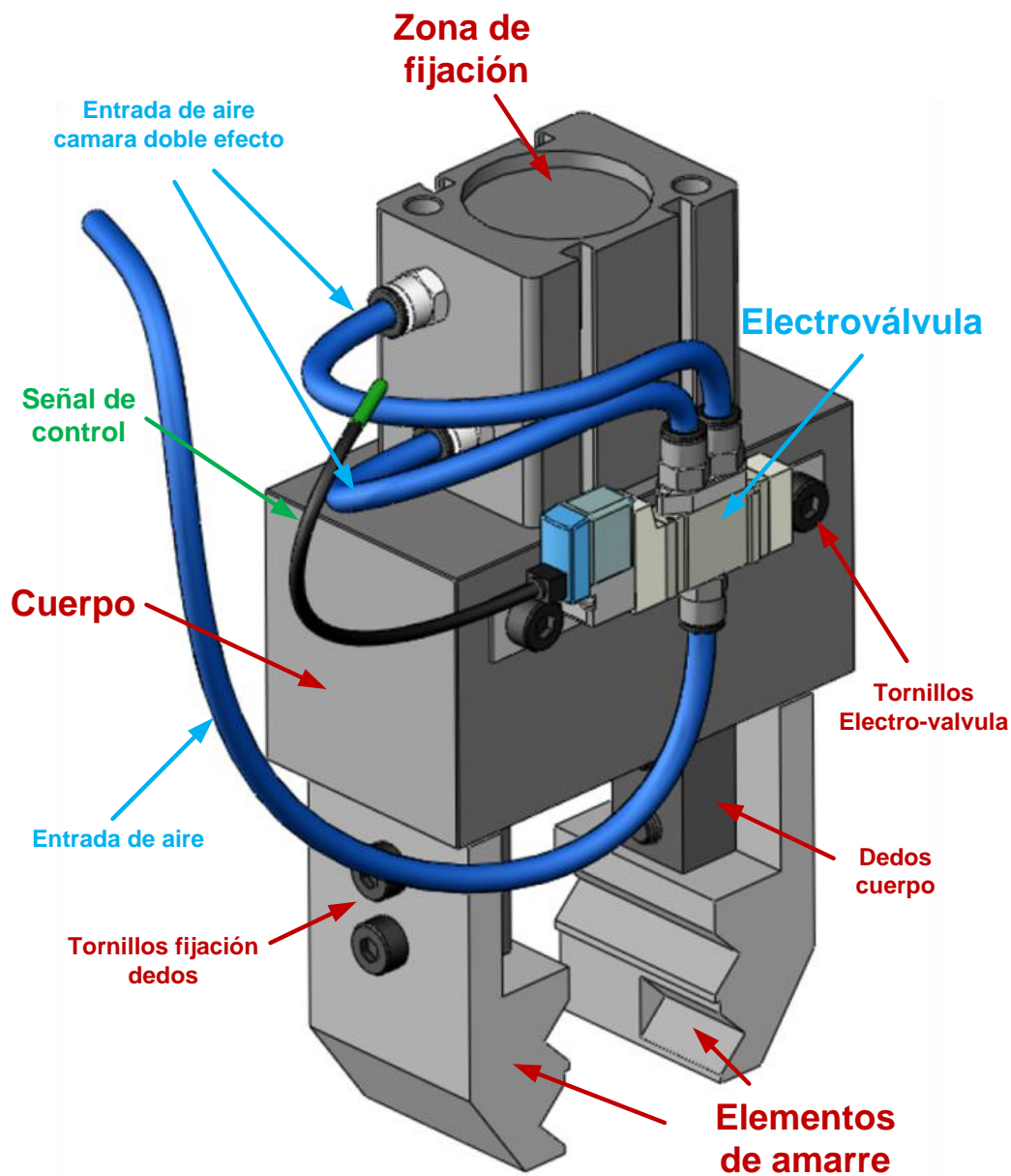


Figura V. 7: Elementos pinza mecánica

5.1.1.2 Implementación de la herramienta de mecanizado

Se ha desarrollado e implementado una herramienta de mecanizado que otorga una gran flexibilidad de fabricación a la célula. Con esta herramienta se pueden hacer trabajos de fresado, corte o taladrado, pero con cambios sencillos en el útil se podría también hacer remachado o atornillado. Dada su gran versatilidad es cada vez más común el uso de estas herramientas acopladas a robots industriales para diversas labores. Con una programación adecuada, mediante el robot, se pueden conseguir trayectorias tan precisas como el robot sea capaz, es decir, al nivel de un CN. Todo ello sumado a la capacidad de re-programación y simulación de trayectorias mediante sistemas virtuales del robot.

Para la consecución y el correcto funcionamiento de esta herramienta de mecanizado se han utilizado diversos componentes descritos anteriormente en el CAPITULO IV. Se van a descomponer en dos grupos, estos son:

- Elementos **internos**, es decir los propios de la herramienta de mecanizado, serían los dispositivos físicos localizados en el extremo del robot.
 - Servomotor brushless **SM3002**
 - Útil de trabajo: fresa, taladro, disco...etc.
 - Sensor de fuerza **AFD-71**
 - Regulador de presión **serie LF3000**
- Elementos **externos** o auxiliares, se trata de dispositivos imprescindibles para el correcto funcionamiento de la herramienta, que se encuentran descentralizados de la propia herramienta y que se conectan a esta a través del robot. Estos son:
 - Sistema de refrigeración, mediante el **Coolmates 3**.
 - Sistema de control de la herramienta, principalmente mediante el uso del controlador analógico **B30A40AC** y del conversor digital a analógico **KR-12BIN/10-0**.
 - Sistema neumático.
 - Sistema físico de anclaje al robot, cambio de herramienta.

El diseño de esta herramienta de mecanizado (elementos internos) está formada por:

- Anclaje físico de los elementos, entre sí.
- Circuito eléctrico de alimentación y control.
- Circuito neumático.
- Refrigeración del motor

➤ Anclaje físico de los elementos

La herramienta de mecanizado necesita un ensamblaje efectivo entre sus diferentes dispositivos que otorguen a la misma la capacidad de un funcionamiento eficaz y seguro en condiciones máximas de trabajo. Esto significa, por ejemplo, que el sistema debe integrar entre sí dos unidades pesadas. El SM3002 y el AFD-71 pesan 3Kg y 7.7 Kg respectivamente, con lo cual el sistema debe ser resistente. También hay que tener en cuenta que la punta al realizar procesos de mecanizado a gran velocidad transmite una gran vibración al servomotor, y en consecuencia la herramienta total. Por ello el sistema debe ser extraordinariamente rígido. Mediante una vista explosionada se puede entender fácilmente esta serie de anclajes.

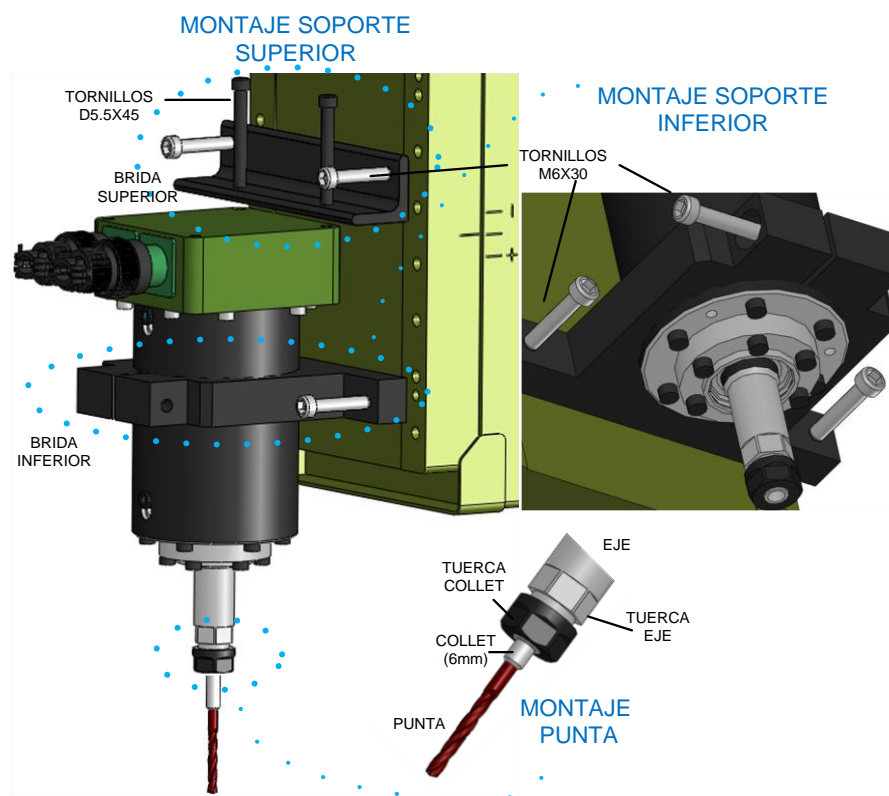


Figura V. 8 Anclaje elementos herramienta de mecanizado

Para acoplar el motor SM3002 al sensor AFD70 se utilizan dos bridas, una superior y otra inferior. La primera es un ángulo que actúa principalmente como posicionador del motor, de tal forma que el servomotor queda anclado a la altura que se necesite. Para ello se utilizan dos tornillos M6 en el anclaje de la brida al sensor y otros 2 de diámetro 5,5 pasantes para el anclaje del motor a la brida. La brida inferior se utiliza para amarrar el motor, de esta forma se proporciona la mayor rigidez en la parte que transmite mayores vibraciones. Para ellos la brida doble circular se adapta perfectamente a contorno del motor, que aprieta mediante un tornillo M6. A su vez queda unida al sensor por otros dos tornillos iguales.

En la operación de cambio de útil, ya sea una punta o un disco, hay que tener en cuenta que debe tener el cuello específico para poder insertarlo en el collet. Con el término collet se hace referencia a la boquilla terminal del eje donde se inserta el útil. Dicho collet se puede igualmente cambiar por otro, en caso de usar un útil específico que no se amolde al collet instalado en el motor. Tanto la operación de cambio de útil como la de cambio de collet están completamente explicadas en el Capítulo IV, en el apartado de descripción de la herramienta de mecanizado. Simplemente habrá que usar las tuercas del collet y del eje del motor siguiendo los pasos tal como se indica.

➤ **Circuito eléctrico de control y alimentación**

Para el funcionamiento de la herramienta de mecanizado es necesario el uso adecuado de las señales eléctricas, este viene regulado por un sistema de control. Para el funcionamiento del servo-motor brushless SM3002 se hace un uso combinado del módulo de E/S del IRC5, del sistema de control B30A40AC y del convertor digital-analógico KR-12BIN/10-0. En cuanto al sensor de fuerza AFD-71 no se ha llegado a implementar su funcionamiento, con lo cual simplemente se han realizado las conexiones para posibles trabajos futuros de control del mismo. En este apartado únicamente se hace referencia a las implementaciones necesarias para el control y funcionamiento del servo-motor y para el conexionado del sensor. El esquema de control para el funcionamiento del servo-motor brushles es el siguiente:

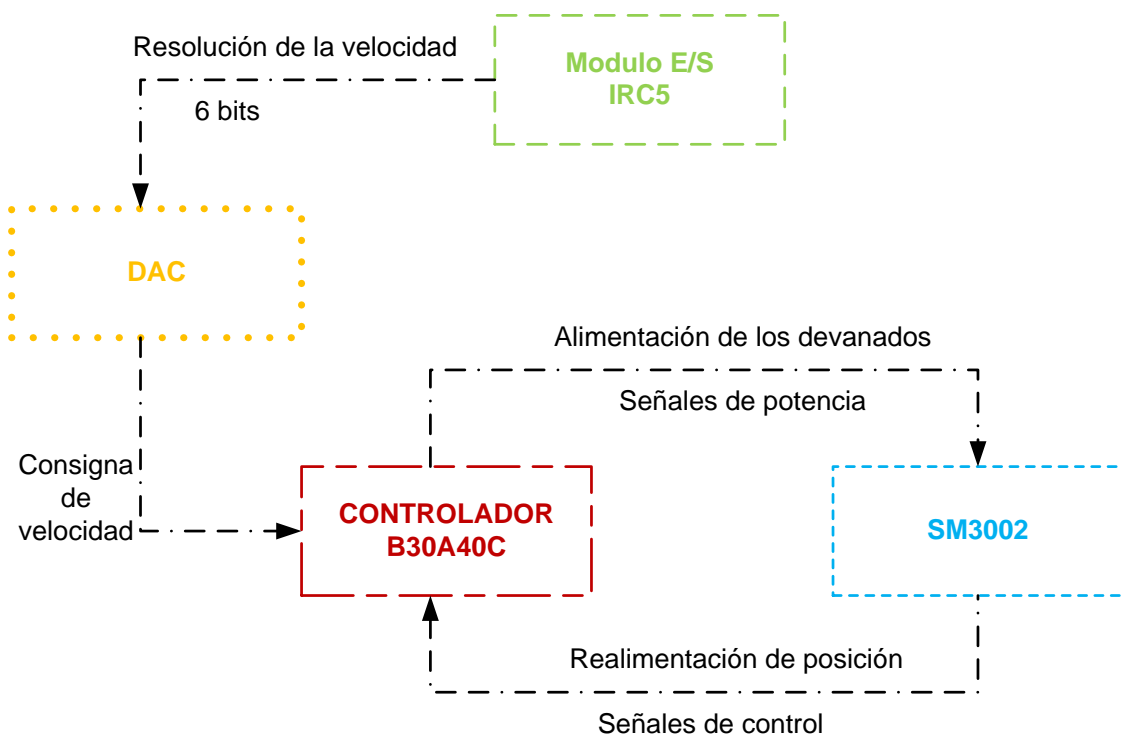


Figura V. 9: Esquema conexionado de control h. de mecanizado

Básicamente el funcionamiento del flujo es el siguiente:

- El usuario introduce una velocidad mediante una señal con 6 bits de resolución en el IRC5.
- Dicha señal pasa por un conversor digital-analógico debido a la no disposición de una tarjeta de señales analógica ya que el controlador precisa de una señal de consigna analógica para ajustar la velocidad.
- Mediante la señal de consigna de velocidad el controlador determina la tensión de alimentación de los devanados del estator del motor brushless.
- Para conocer la secuencia de alimentación de los devanados se determina la posición actual del rotor mediante las señales de realimentación de posición.
- Se alimentan los devanados necesarios con la tensión específica determinada por el controlador.

A continuación se va a explicar con mayor detalle el funcionamiento anteriormente expuesto, siendo el orden el siguiente:

- Conexionados necesarios en la herramienta de mecanizado
- Control del servo-motor mediante el B30A40C
- Ajuste de la velocidad mediante el DAC.

○ **Conexiones necesarios en la herramienta de mecanizado**

Antes de proceder a ningún diseño o implementación se debe conocer exhaustivamente las señales que intervienen en el funcionamiento de la herramienta de mecanizado. Simplemente se mostrara el uso in de todas las señales, alimentación y control. Se ha procedido a la conexión del cableado necesario para el uso adecuado del sensor de fuerza. Pero no es objetivo del PFC su funcionamiento, ya que para ello es necesario la utilización de un sistema de control o un regulador. A la herramienta de mecanizado llegan todas las señales eléctricas procedentes de un conector R19, se encuentran todas en el mismo conector de tal forma que luego se bifurcan por conectores para su utilización:

- Conector R10: Se trata de las señales de realimentación del sensor.
- Conector R8: Señales de potencia que controlan las fases del estator.
- Conector R6: Son las señales necesarias para el uso del sensor de fuerza.

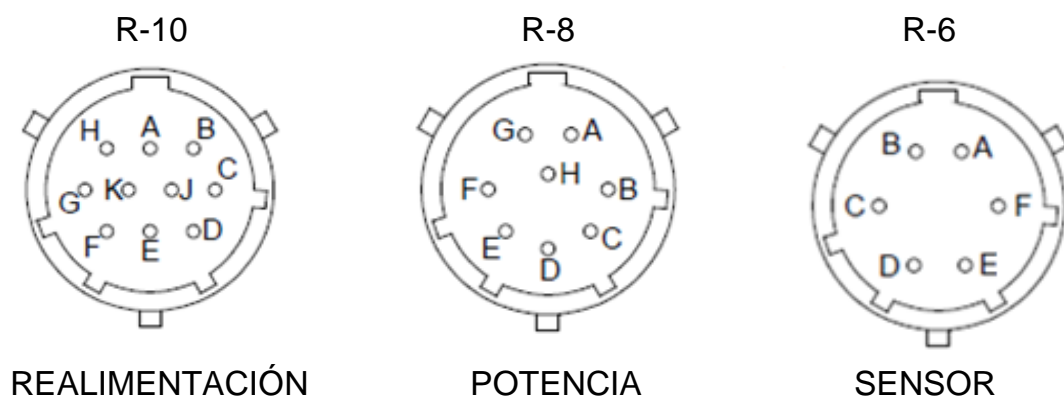


Figura V. 10: Conectores h. de mecanizado

Tabla V. 1: Señales pines conectores h. de mecanizado

PIN	SEÑAL
A	Hall Supply +
B	Hall Supply -
C	HALL A
D	HALL B
E	HALL C
F	TERMISTOR +
G	TERMISTOR -

PIN	SEÑAL
A	MOTOR A
B	MOTOR B
C	MOTOR C
D	GROUND

PIN	SEÑAL
A	V+
B	COM
E	POSN
F	SHLD

La explicación de los conectores es la siguiente:

- **Conector R10:** Es el conector de realimentación del motor. Como se observa de los 10 pines útiles solo se emplean 7. Los pines A y B se utilizan para alimentar los sensores, utiliza una señal continua de 5v en A y otra de 0v en B. Los pines C, D y E, son las señales de los HALL, es decir las que muestran la posición del rotor (de imán fijo) respecto al estator. Entre los pines F y G se puede medir una diferencia de tensión, y mediante una ecuación se obtiene la temperatura en la que se encuentra el motor.
- **Conector R8:** Con ese conector se alimenta el motor, es decir, se proporciona la tensión adecuada a cada fase para un giro correcto del rotor. Según sea el nivel de tensión a la que se alimenta se inducirá un campo magnético mayor o menor. De esta forma se actuara directamente sobre la velocidad de giro del motor. Los pines A, B Y C son las alimentaciones de las fases A, B y C del estator respectivas. El pin D es la tierra común a todas las anteriores fases.
- **Conector R6:** Mediante este conector se sustenta al sensor del conexionado básico para su funcionamiento. La alimentación es el pin V+, señal de 24 v de corriente continua, y se observa la salida en el pin E, POSN, que proporciona la posición de la parte móvil del sensor, lo que se traduce en la fuerza que se ejerce. El pin B es la masa común o referencia, y el C la toma de tierra del sistema. Aquí se conecta el apantallado del cable.

El suministro de las señales de alimentación y la comunicación en las señales de realimentación se realizan a los equipos a través del sistema eléctrico del Toolchanger. De esta forma se conecta cualquier señal eléctrica con el exterior. La forma de conectar todas las señales se verá en el apartado de circuito eléctrico completo del área robótica.

En el siguiente esquema de señales se pueden observar las conexiones de todas las señales de los respectivos conectores al Toolchanger mientras que en la tabla situada en la parte inferior del esquema se encuentran las diferentes correspondencias entre las señales del R19 (Toolplate) y su respectivo conector de destino.

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

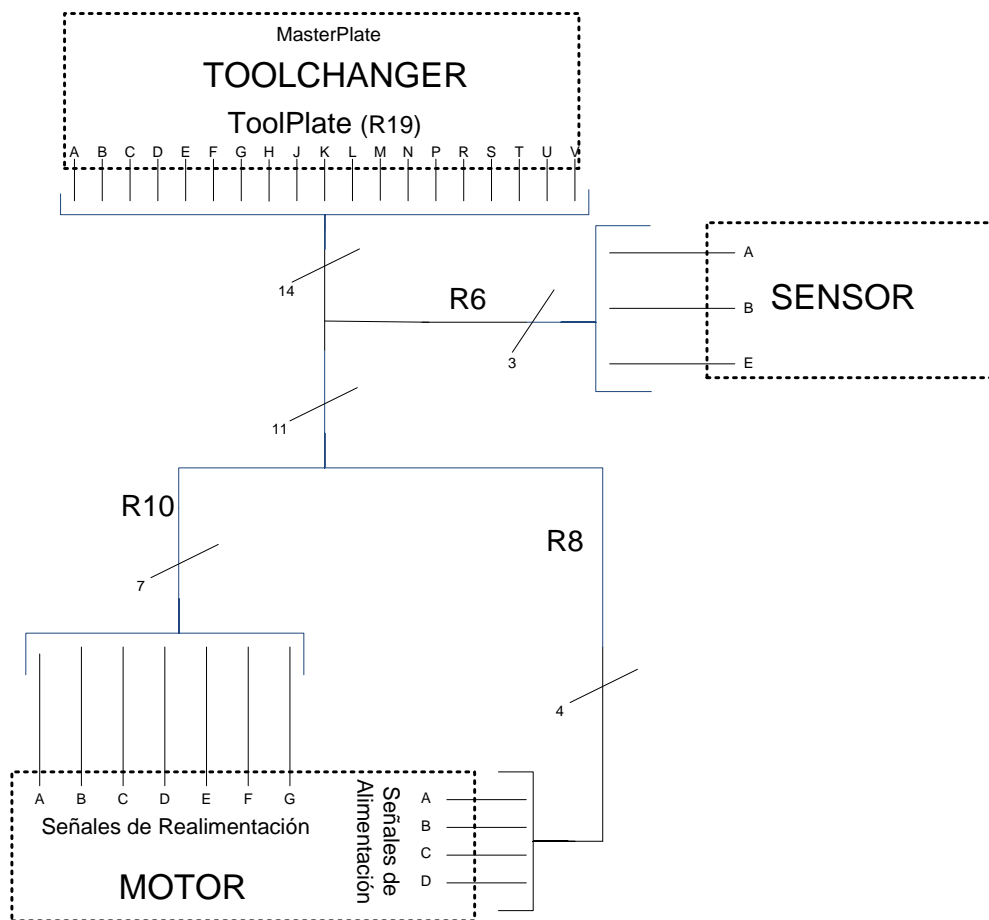


Figura V. 11: Esquema conexionado h. mecanizado

Tabla V. 2: Colores cables señales h. de mecanizado

PIN R19	SEÑAL	COLOR CABLE	CON. 10 P	CON. 8P	CON. 6P
A	MOTOR A	Marrón, Gris- Blanco, Gris		A	
B	MOTOR B	Marrón, Amarillo- Amarillo		B	
C	HALL A	Blanco, Amarillo	C		
D	HALL B	Marrón, verde	D		
E	HALL C	Blanco, verde	E		
F	HALL	Blanco, negro	A		
G	MOTOR C	Rojo, azul-Marrón, rojo		C	
H	HALL	Blanco, rojo	B-K		
J	THERMIS	Marrón, azul	F		
K	THERMIS	Azul, blanco	G		
P	SENSOR	Violeta			A
R	SENSOR	Blanco			B
A	SENSOR	Marrón			E
T	SENSOR	Rosa			F
V	GND	Rojo, negro		D	

○ **Control del servo-motor mediante el B30A40C**

En cualquier tipo de proceso lo normal es disponer de sistemas de control propios para los diversos actuadores, siempre claro está, que los actuadores sean lo suficientemente complejos. En el caso de esta célula de fabricación flexible, únicamente una de las herramientas necesita un sistema adicional de control. Es el caso de la herramienta de mecanizado, el servo motor **SM3002** necesita un sistema de control que regule la alimentación de los devanados del estator. Esta regulación se basa en mayor medida en la frecuencia de conmutación entre los devanados, y en la magnitud de tensión de alimentación (velocidad), que es una tensión continua. La regulación del servo motor se realiza mediante el controlador **B30A40AC** de la marca **ADVANCED Motion Control** que se describe en el capítulo IV.

- **Alimentación:** Primero se procede a conectar el controlador al sistema de alimentación que precisa, un resumen es el siguiente:

Tabla V. 3: Rango de potencia B30A40C

Rango de Potencia	
Máxima corriente de pico a la entrada	30 A
Máxima corriente continua de salida	15 A
Tensión de alimentación	45-270 VAC

Son necesarias dos fases accesibles que proporcionen una tensión de alimentación alterna de entre 45 y 270 VAC. Esta se consigue a través del control para el abastecimiento de la red eléctrica común. De esta forma la tensión de alimentación será de 220 VAC y se controla la corriente máxima y de pico mediante el sistema de control instalado. La electricidad de la red se debe conectar al conector C1 del controlador, de tal forma que una fase se corresponda con el PIN-A y otra con el PIN-B.

▪ **Control del servo motor brushless SM3002:**

Como ya se ha introducido, el servo motor SM3002 necesita un sistema de control adicional para su correcto funcionamiento. Los bobinados de un motor brushless (también se denomina BLDC) están distribuidos a lo largo del estator en múltiples fases. Dichos motores constan normalmente de tres fases con una separación de 120° entre ellas. A diferencia de los motores brushed convencionales donde la conmutación entre sus fases se realiza internamente de forma mecánica, en los motores brushless las corrientes y voltajes aplicados a cada uno de los bobinados del motor deben ser controlados independientemente mediante una conmutación electrónica. El dispositivo encargado de realizar esta tarea se denomina controlador del motor.

Para generar par motor el controlador debe excitar continuamente los bobinados adecuados, de forma que generen un campo magnético perpendicular a la dirección del rotor. Existen dos grandes familias de controladores de motor, están diferenciadas principalmente en la utilización o no de algún sensor para determinar la posición del rotor. Las técnicas de control para motores brushless se pueden clasificar según el algoritmo de conmutación implementado. Actualmente, las más utilizadas son:

- **Conmutación trapezoidal**, también llamada 6-step mode, basada en sensores hall. Esta es la técnica usada para controlar el SM3002.
- **Conmutación sinusoidal**, más avanzada y exacta que la trapezoidal, ya que intenta controlar la posición del rotor continuamente. Debido a que los sensores Hall solo proporcionan una posición aproximada, es necesario el uso de otros sensores que aporten mayor precisión, como puede ser los encoders.
- **Control vectorial**

Estas técnicas tienen básicamente como objetivo estimar la excitación óptima de cada una de las fases del motor y se diferencian principalmente por su complejidad de implementación, que se traduce en un incremento de prestaciones. El controlador usado, el **B30A40AC** está preparado para adaptarse a diversos motores, siendo posible controlar tanto los de conmutación trapezoidal como los de conmutación sinusoidal. En nuestro caso, al ser el motor de sensorización Hall, se utilizara el control mediante conmutación trapezoidal que se explica a continuación.

En el caso del motor brushless SM3002, se controla mediante conmutación trapezoidal. En la siguiente figura se observa cómo se controla la corriente que circula por los terminales del motor, excitando un par simultáneamente y manteniendo el tercer terminal desconectado. Sucesivamente se va alternando el par de terminales a excitar hasta completar las seis combinaciones posibles

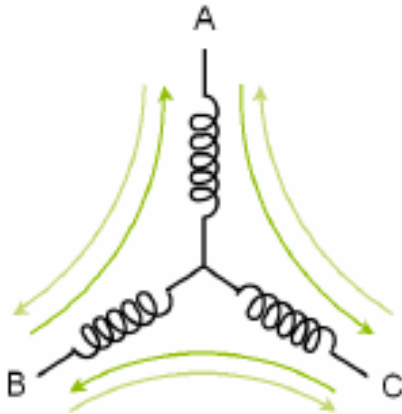


Figura V. 12: Esquema de los seis posibles caminos de circulación de corriente en el control trapezoidal

Tres sensores de efecto hall situados en el motor son utilizados para proporcionar la posición aproximada del rotor al controlador y que éste pueda determinar el próximo par de terminales a excitar. La siguiente figura muestra el diagrama de bloques de un controlador trapezoidal típico con lazo cerrado de corriente.

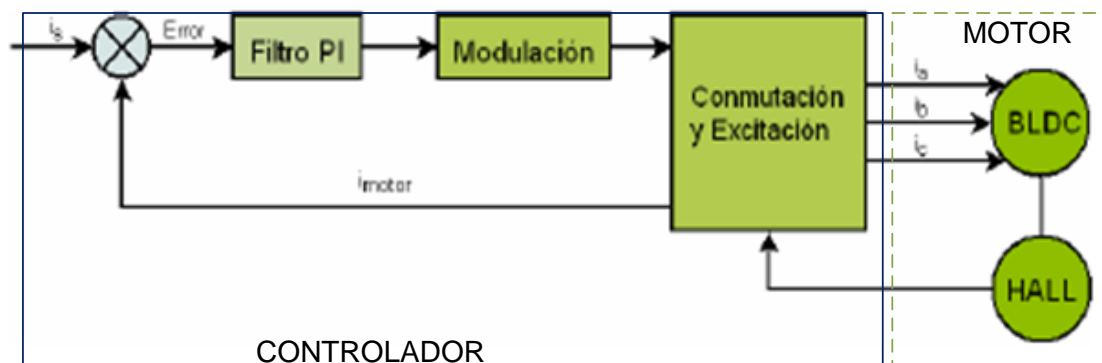


Figura V. 13 Esquema de un controlador con conmutación trapezoidal

La corriente que circula por el par de terminales activos es comparada con la corriente deseada y el error resultante es aplicado a un filtro PI (Proporcional - Integrador). La salida de este filtro intenta corregir la desviación y por tanto minimizar el error. Con esta técnica se consigue mantener constante la corriente que circula por cualquiera de los bobinados del motor. Existen diferentes técnicas de modulación orientadas a la generación de señales de excitación para motores brushless mediante las cuales, se puede aumentar la eficiencia del sistema.

Debido a que siempre las corrientes de dos bobinados son iguales en magnitud y la tercera es nula, el vector de corrientes del estator o resultado de la suma vectorial de las corrientes que circulan por las bobinas, solo puede apuntar a 6 direcciones discretas.

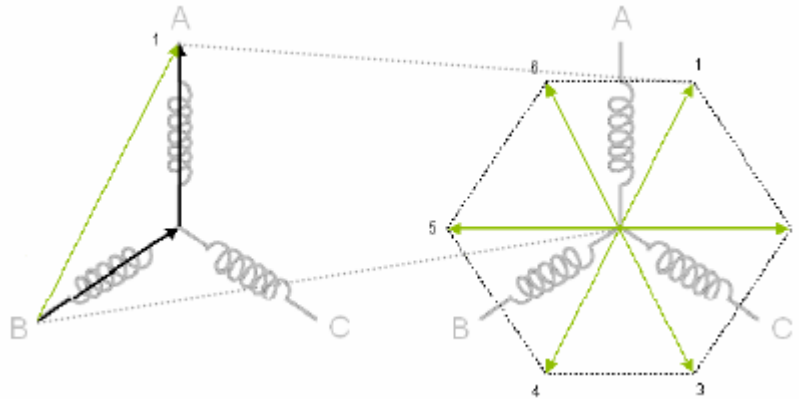


Figura V. 14: Cálculo del vector de corrientes del estator y espacio de posibles direcciones de dicho vector.

Dado que el vector de corrientes sólo puede apuntar en seis direcciones se produce una desalineación entre éstas y la posición real del rotor. En el peor de los casos, es decir cuando el rotor se encuentre en la posición intermedia de uno de los 6 sectores la desalineación puede llegar a ser de 30°. Esta desalineación genera un rizado en el par del motor de aproximadamente el 15% a una frecuencia seis veces la velocidad de rotación del motor.

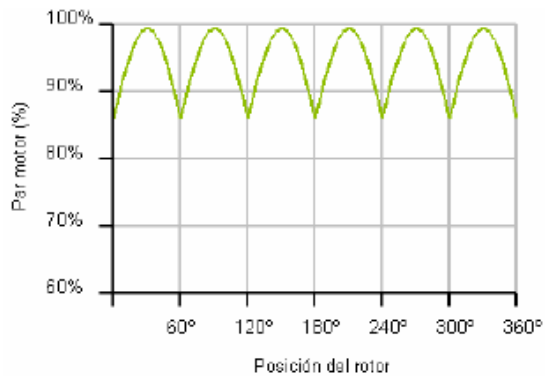


Figura V. 15: Rizado del par motor respecto a la posición del rotor.

Este rizado dificulta el control de motores brushless. En aplicaciones que demanden movimientos a baja velocidad se hace especialmente notable provocando una disminución en la precisión de dichos movimientos. Además puede ocasionar desgaste mecánico, vibraciones o ruido audible reduciendo las prestaciones y el tiempo de vida del motor. No obstante gracias a su fácil implementación, esta técnica de conmutación viene siendo muy utilizada desde el inicio de los motores brushless especialmente en aplicaciones de bajo coste.

Para conseguir un correcto control del servo motor, como el explicado anteriormente, solo es necesario entender bien el funcionamiento y conectar adecuadamente los sistemas Controlador – Motor. Para ellos seguimos las especificaciones necesarias de los conectores del controlador y el motor. Hay que tener en cuenta que para el control del motor existen dos buses de conexión, uno de señales entre este y el controlador, y otro de alimentación de potencia a los devanados del estator. A continuación se ve la conexión de estos buses:

- **Bus de realimentación.** Se trata del conector que realimenta el controlador con las señales de los sensores Hall y del termistor. De esta forma se conoce en que sector se encuentra el rotor y que devanados se deben alimentar. Para ello se debe acoplar el conector P2 del controlador con el motor. Solo se conectaran líneas que se utilizan. Las especificaciones de las conexiones son:

Tabla V. 4: Señales pines conector P2

P2 - Feedback Connector			
Pin	Name	Description / Notes	I/O
1	HALL A	Single-ended Hall/Commutation Sensor Inputs (+5 V logic level)	I
2	HALL B		I
3	HALL C		I
4	ENC. CH. A+	Differential Encoder Channel A Input (+5 V Logic Level)	I
5	ENC. CH. A-		I
6	ENC. CH. B+	Differential Encoder Channel B Input (+5 V Logic Level)	I
7	ENC. CH. B-		I
8	ENC. CH. INDEX+	Differential Encoder Index Input (+5 V Logic Level)	I
9	ENC. CH. INDEX-		I
10	CTLR. LINE 1	User Controller Signal. Pass-through to Port 1 (P1) for customer use.	I/O
11	CTLR. LINE 2		I/O
12	SIGNAL GND	Signal Ground	SGND
13	+5V @ 250mA	±5 V @ 250 mA low power supply for customer use. Short circuit protected. Referenced to signal ground.	O
14	TACH IN	Negative Tachometer Input (Maximum ±60 V). Use signal ground for positive input.	I
15	CTLR. POWER	Controller Power. Pass-through to Port 1 (P1) for customer use.	I/O

- **Bus de alimentación de potencia:** Se trata de un conector que proporciona las señales de potencia necesarias en los distintos devanados del motor. Estas señales de potencia serán de corriente continua. Como el motor consta de 3 devanados se tendrá tres líneas de potencia además de la puesta a tierra dentro del bus de alimentación. De tal forma las conexiones de salida de este bus en el lado del controlador, conector P3, son las siguientes:

Tabla V. 5: Señales pines conector P2

P3 - Motor Power Connector			
Pin	Name	Description / Notes	I/O
1	MOTOR A	Motor Phase A	O
2	MOTOR B	Motor Phase B	O
3	MOTOR C	Motor Phase C	O

Observando las conexiones necesarias del motor y del controlador el esquema de conexionado queda de la siguiente forma:

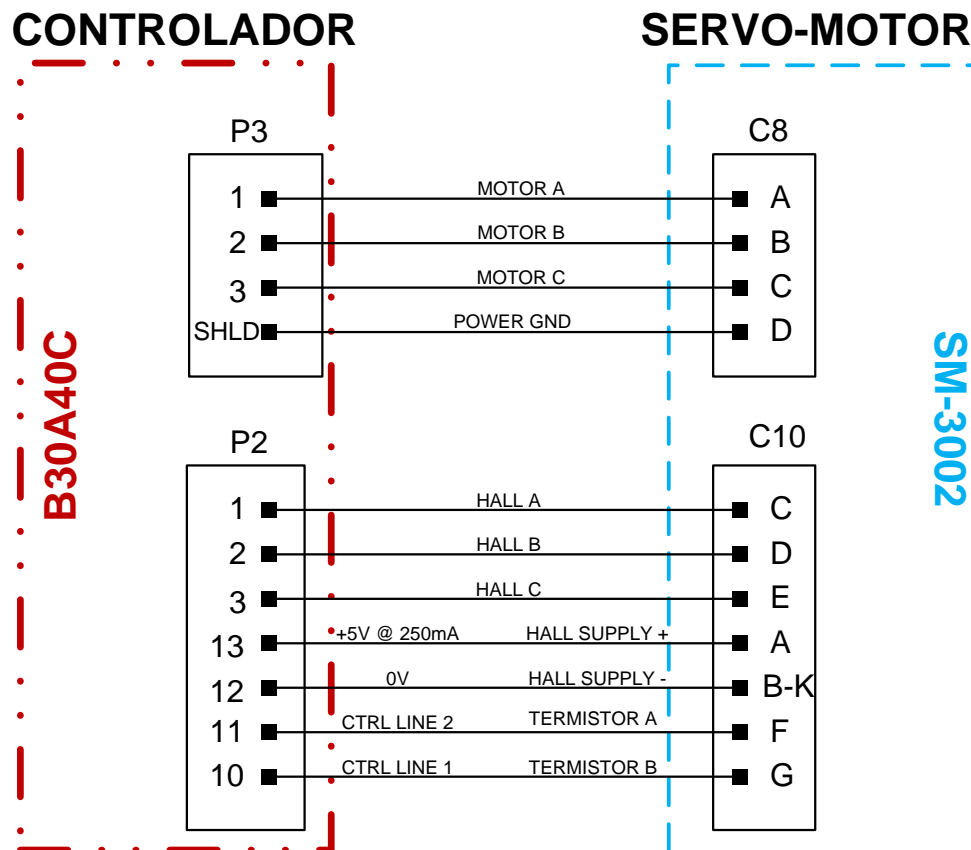


Figura V. 16: Conexionado entre el SM-3002 y el B30A40C

- **Bus de señales para el funcionamiento.** Para poder utilizar el motor con total garantías y en la totalidad de sus posibilidades simplemente hace falta conectar las señales que producen el arranque del motor o la regulación de la velocidad. Para ellos se hace uso del conector P1 del regulador, de 16 pines, en el cual se actúa sobre las funciones del motor y además de monitorizar su estado.

De todas las posibilidades que ofrece solo se emplean las que producen una acción directa sobre el motor. Por eso únicamente se emplean la señal de regulación de velocidad “VEL INPUT” y la de activación del motor “INHIBIT/ENABLE”. No se monitoriza el sistema, y evidentemente las señales para un motor con sensorización de tipo encoder tampoco se utilizan.

- La función del controlador de habilitar/deshabilitar el motor funciona de forma “stand by”, es decir el circuito está consumiendo energía en espera de ser utilizado. Mediante la señal DO_8 del módulo de E/S del IRC5 y el uso de un relé se puede controlar esta función actuando directamente sobre el pin11 del conector P1 del controlador. La función de habilitar funciona con lógica inversa. Cuando DO_8 vale ‘1’ se fuerza un 0 en los pines del controlador para habilitar.

Tabla V. 6: Funcionamiento inhibir SM3002

Do_8	Valor pines Controlador	Función motor
0	----	Desactivado
1	0 v	Activado

- La función del controlador de incrementar o reducir la velocidad está directamente relacionada con la frecuencia de conmutación de los devanados del estator. Es decir, cuanto más rápido se produzcan los cambios de alimentación de dichos devanados más rápido girará el motor. Para ello se utilizan las señales del controlador ‘Vel Input’, ‘+Ref’ y ‘-Ref’. Se puede apreciar la función de estas señales así como los pines que ocupan en el conector hembra en la tabla y esquema anterior de conector P1. Para una regulación de velocidad sencilla, simplemente ‘Vel Input’ se deja sin conectar, la señal de referencia ‘Ref-’ se conecta a masa, 0 v. La ‘Ref+’ es la señal de consigna. Para la regulación se aplica una señal continua analógica entre 0v y 10v en ‘Ref+’, es decir sobre el PIN-4 del conector P1 del controlador, que hará que el motor este parado o gire a la velocidad máxima. De esta forma la actuación sobre la velocidad es la siguiente

Tabla V. 7: Control velocidad SM3002 de forma analógica

CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR		
+ REF	CORRIENTE DE ENTRADA AL MOTOR	VELOCIDAD DEL MOTOR
2,5 v	3,75 A	7.500 rpm
5 v	7,5 A	15.000 rpm
7,5 v	11,25	22.500 rpm
10 v	15 A	30.000 rpm

○ **Ajuste de la velocidad mediante el DAC**

Mediante la señal +REF del controlador B30A40C podemos controlar fácilmente la velocidad del motor. Como se acaba de mostrar, la señal de consigna debe ser una señal de corriente continua cuyo valor se sitúe entre 0v y 10v. Esta señal se podría conseguir fácilmente de forma manual mediante una fuente de alimentación o mediante un módulo de E/S analógico. Al ser el proceso automático mediante el IRC5, en el cual solo se tiene un módulo de E/S digital, es necesario el uso de un DAC (Conversor Digital-Analógico) para la conversión de la señal. Este DAC mediante las señales digitales de salida del IRC5 escala la señal analógica entre 0v y 10v. A continuación se muestra el circuito que resulta:

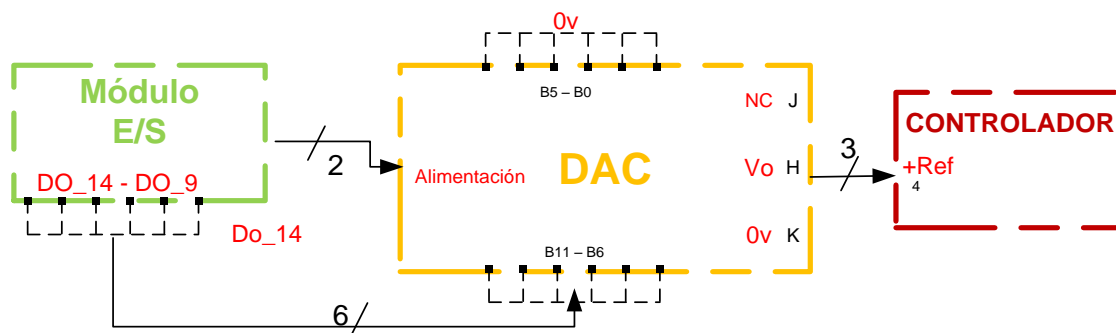


Figura V. 17: Funcionamiento DAC

El DAC tiene 12 bits de resolución, si hiciera falta mucha precisión se podrían usar los 12 (valor de 4095 dec). Esto haría una precisión de 2.44 mv. Luego si con el voltaje máximo (10v) se obtiene la velocidad máxima (30.000 rpm) con 2.44 mv se tiene una resolución de 7.32 rev/min. Con 6 bits útiles la resolución de escalón es de 0.156 v, o 468.75 rev/min. Esto tiene especial importancia a muy baja velocidad. Al usar solo 6 bits nunca se puede alcanzar los 10 v, ni las 30.000 rpm. La velocidad máxima será de 29538 rpm (valor de 4032 dec). Se puede apreciar mejor en la tabla:

Tabla V. 8: Control velocidad motor mediante DAC

VELOCIDAD MOTOR										
DO_14	DO_13	DO_12	DO_11	DO_10	DO_9	B5-0	VALOR	Vo	VEL.	% Vmax
B11	B10	B9	B8	B7	B6		DEC	DAC	MOTOR	
0	0	0	0	0	0		0	0	STOP	0%
0	0	0	0	0	1		64	0.156	468.5	1.56%
0	1	0	0	0	0	000000	1024	2.5	7500	25%
1	0	0	0	0	0		2048	5	15000	50%
1	1	0	0	0	0		3072	7.5	22500	75%
1	1	1	1	1	1		4032	9.84	29514	98.38%

➤ **Circuito neumático**

En este caso únicamente se hace uso de un suministro de aire comprimido el sensor de fuerza, ya que el servomotor posee un collet manual, y no un collet automático (estos acoplan y desacoplan la punta mediante aire comprimido). Para la instalación neumática del sensor conviene tener en cuenta las especificaciones y pasos descritos en el Capítulo IV con detalle, las características principales del suministro de aire son las siguientes.

- Aire seco no lubricado, con filtrado de 5micras. La red de aire comprimido de la Universidad Carlos III nos proporciona ya aire seco, no lubricado, con una presión mínima de 10 bares que mediante el regulador del laboratorio dejamos en 7 bares para el correcto funcionamiento de todos los elementos neumáticos.

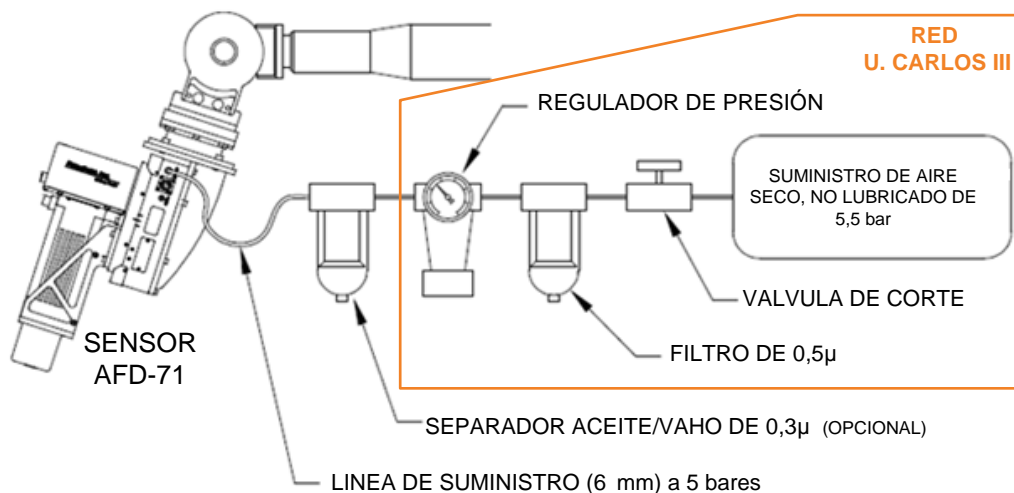


Figura V. 18: Esquema Conexión neumática al AFD-71

- Presión de suministro menor de 5,5 bares.

Es necesario un regulador de presión para pasar de un suministro en la estación de 7 bares a los 5,5 bares de trabajo del sensor. Mediante dicho regulador manual, se consigue una presión de trabajo de unos 5 bares en el suministro al sensor. El regulador usado es el de la serie LF3000 de Legris.

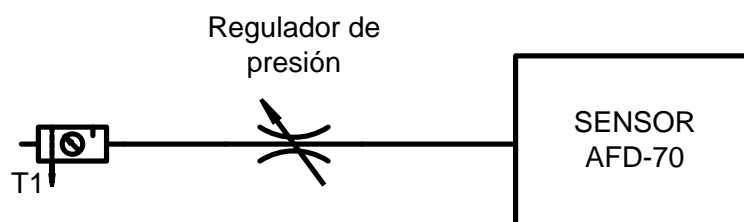


Figura V. 19: Circuito neumático, suministro-regulador-sensor

○ **Refrigeración del motor**

El motor demanda un sistema de refrigeración debido a la facilidad para calentarse. Como se indica en las especificaciones se debe salvaguardar su seguridad y evitar sobrecalentamientos, además de que el motor dispone de un modo de apagado a partir de una temperatura elevada. El líquido de refrigeración llega a la herramienta mediante el conector hidráulico del Toolchanger. El circuito de refrigeración únicamente dispone de dos sentidos, el de líquido caliente y el de líquido frío. El sistema de refrigeración se conectara mediante la señal digital DO_16.

La herramienta de mecanizado con todos sus elementos queda de la siguiente forma:

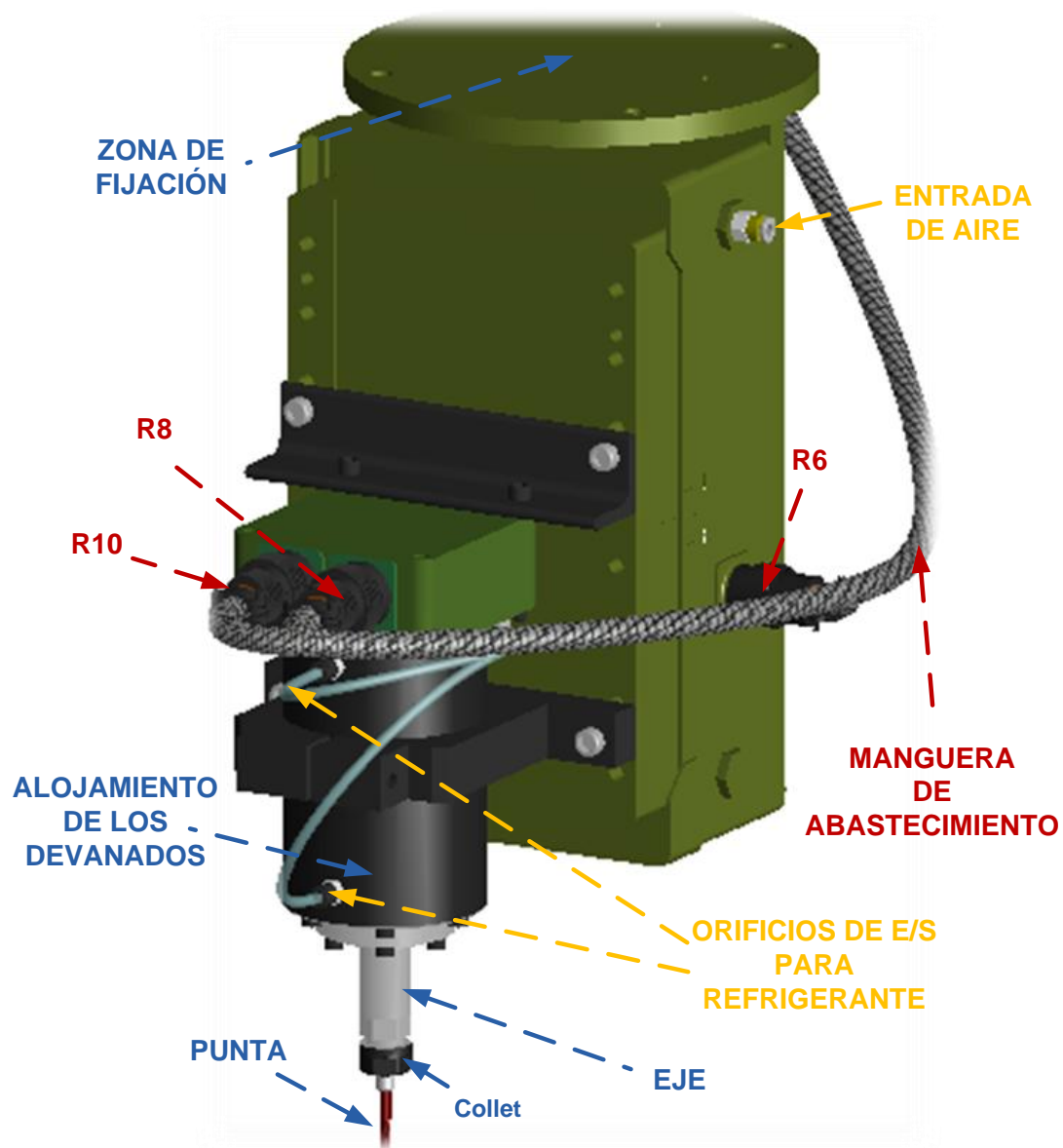


Figura V. 20: Elementos herramienta de mecanizado

5.1.1.3 Circuito eléctrico completo

Para la correcta actividad en el área robótica es necesario un sistema lógico que controle el funcionamiento de todos sus componentes, ya sea de forma individual o colectiva, sincronizada con otros elementos. Esta idea hace referencia a la necesidad de que los componentes no solo deben funcionar individualmente, si no en un conjunto. De esta forma, mientras se controla el uso de la herramienta de mecanizado es necesario también el control del sistema de refrigeración. De nada serviría el control de una de las dos sin la otra para el correcto funcionamiento.

Anteriormente se ha explicado el funcionamiento de las diferentes herramientas partiendo de unas señales. En este apartado se expone tanto el sistema lógico de control principal, el módulo de E/S, como el eléctrico del que se abastece al sistema. También se muestra el conexionado desde el IRC5 hasta el Toolchanger en el extremo. El esquema a seguir para la comprensión del apartado es el siguiente:

- Sistema de suministro eléctrico
- Modulo E/S del IRC5
- Conexionado
 - Sistema de refrigeración Coolmates 3
 - Sistema de control del servo-motor
 - Bus comunicación IRC5-IRB2400
 - Conexión IRB2400-TOOLCHANGER
 - Elementos terminales

Para el control de la célula el elemento principal es el módulo de E/S del controlador robótico IRC5. Sin embargo para la herramienta de mecanizado, será necesario el uso de un dispositivo adicional de control, con sus correspondientes elementos acondicionadores. En la siguiente imagen se observa el diagrama de flujo que siguen las señales de control.

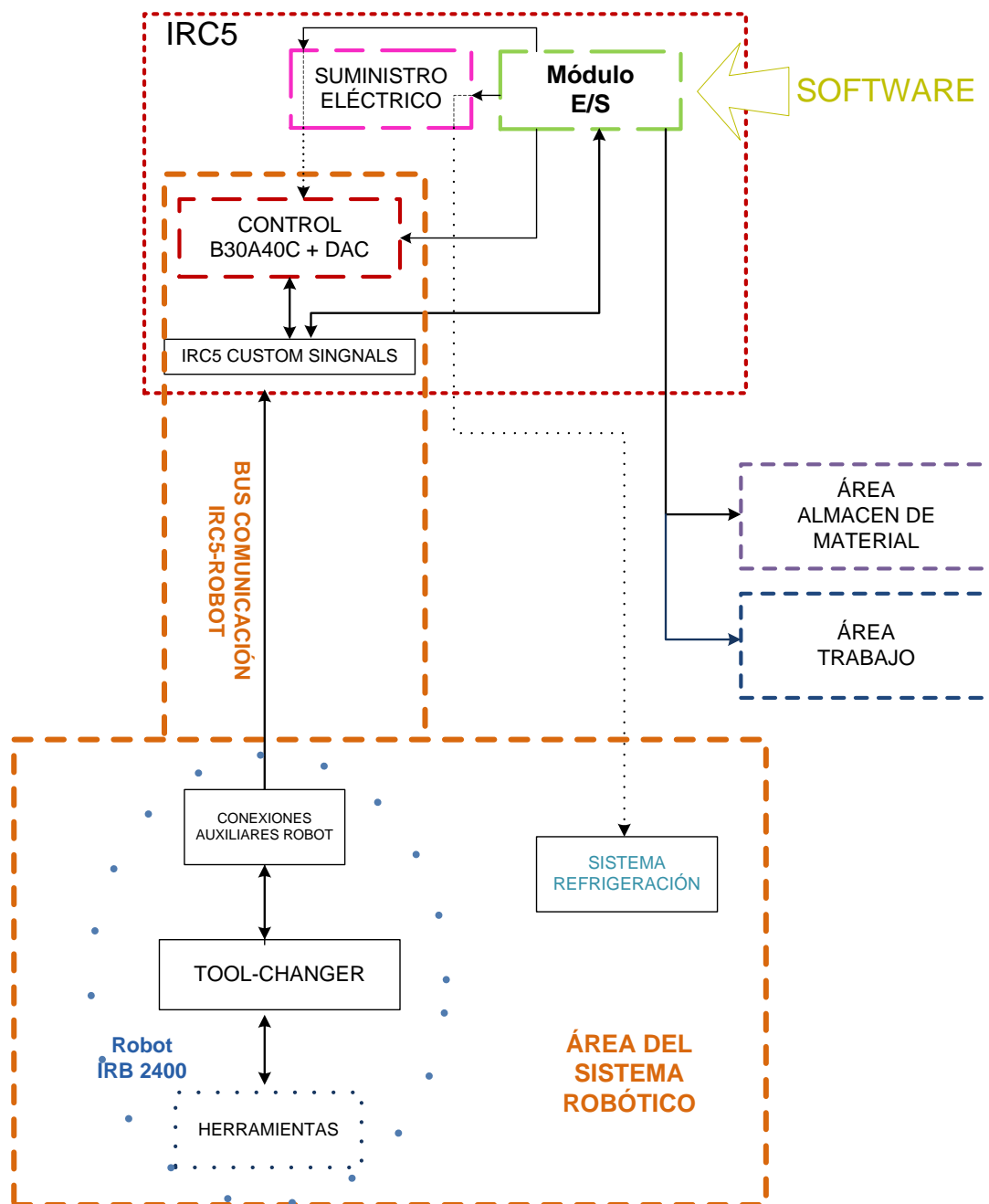


Figura V. 21: Esquema conexonado área robótica

El sistema de control parte del módulo de E/S del IRC5. Mediante software, programación RAPID, se controla tanto los movimientos del robot como las señales de control. De esta forma se puede tener en cuenta cualquier comportamiento del robot, desde paradas de seguridad hasta rutinas de fabricación. Mediante estas señales se controla los actuadores de las áreas de almacén y trabajo directamente. Sin embargo para el área del sistema robótico es necesario hacer uso del bus de comunicación entre IRC5 y el robot IRB-2400. Este bus esta acondicionado para el usuario.

○ **Suministro eléctrico**

En un uso normal de la célula de fabricación flexible siempre se utilizarán otros elementos a parte del robot principal. La mayoría de elementos actuadores (como cualquier dispositivo electrónico) disponen de dos sistemas propios claramente diferenciados.

- Un sistema de control, son las señales que proporcionan un uso ajustado a los requerimientos del sistema. De esta forma se consigue un funcionamiento coordinado entre los diversos equipos, gracias al uso de elementos software como PCs, controladores, PLCs...
- Un sistema de alimentación. Todos los actuadores precisan de la alimentación general de sus componentes. Cuando en un actuador se utilizan señales de alta tensión y baja tensión, suelen disponer de un sistema propio de suministro en la estación.

En esta célula se dispone de dispositivos que demandan un suministro de tensión elevada y de tipo alterna (220 VAC), lo cual el módulo de E/S del IRC5 no puede ofrecer. De esta forma se hace un uso regulado de la corriente de servicio de la red general. También se podía haber obtenido de la fuente regulada del IRC5. Para cubrir las exigencias de control y seguridad se monta un sistema de interruptores automáticos (Merlin-Gerin C60N de 10 A y 5-SX1 Siemens de 4A) entre la red eléctrica general y las líneas de alimentación propias. De esta forma se consiguen 2 sistemas de 2 fases útiles cada uno, y una toma de tierra común.

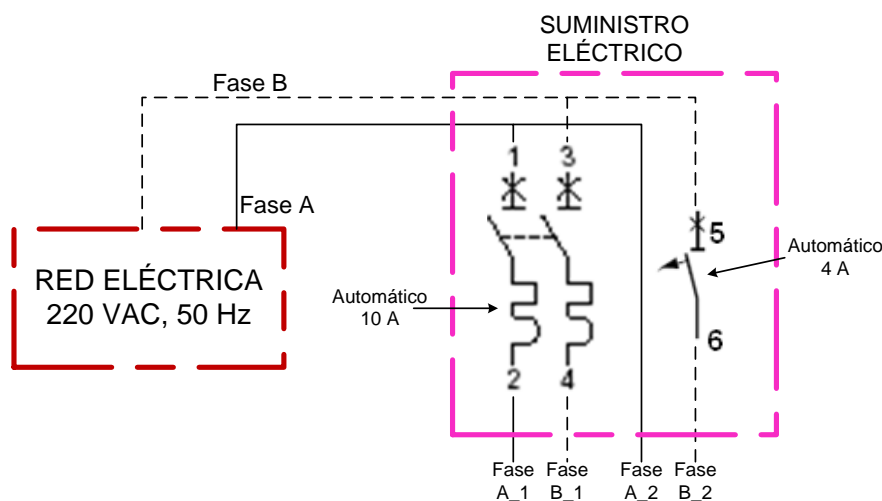


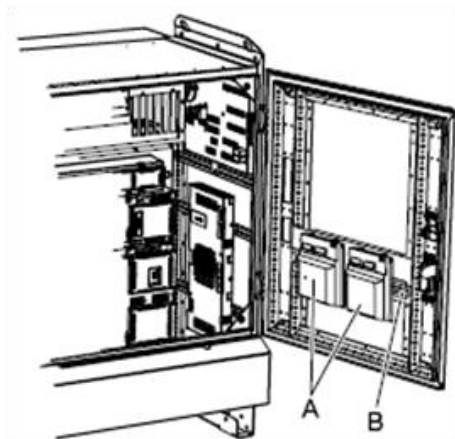
Figura V. 22: Conexión suministro eléctrico

○ **Modulo E/S del IRC5**

El IRC5 incluye una tarjeta PCI certificada por ABB. Esto hace posible montar las unidades de E/S dentro del armario o fuera de él, usando un cable o bus para conectar la unidad de E/S al armario, ya sea mediante la opción DeviceNet o Profibus DP. En nuestro caso se usa la opción DeviceNet, dentro de la cual ABB suministra una unidad de E/S digital de 24 VCC y que proporciona 16 entradas y 16 salidas. El límite de corriente que proporciona este módulo es de 8 A.

Es posible asignar señales a funciones de sistema especiales, como el inicio del programa, para poder controlar el robot desde un panel adicional o un PLC. Pueden utilizarse varias señales para una misma funcionalidad. Las entradas y salidas se han configurado para la adaptación a la célula:

- Asignación de señales para la funciones de las herramientas.
- Correlación de E/S
- Polaridad, nivel alto o bajo activo, para el uso del sistema de cambio de herramienta.
- Es posible agrupar y utilizar conjuntamente hasta 16 señales digitales como si se tratara de una sola señal, como en el caso de la velocidad del motor con 6.
- E/S virtual (para establecer conexiones cruzadas o condiciones lógicas sin necesidad del hardware físico).
- Coordinación exacta con movimientos
- Las instrucciones de E/S se ejecutan de forma concurrente con el movimiento del robot.



A: Unidades de E/S

B: Raíl de montaje

Figura V. 23: Espacio IRC5 para unidades E/S

El módulo de E/S es el DSQC 652, de ABB, se muestra en la siguiente imagen. Consta de 5 conectores y las conexiones se realizarán mediante las clemas del conector.

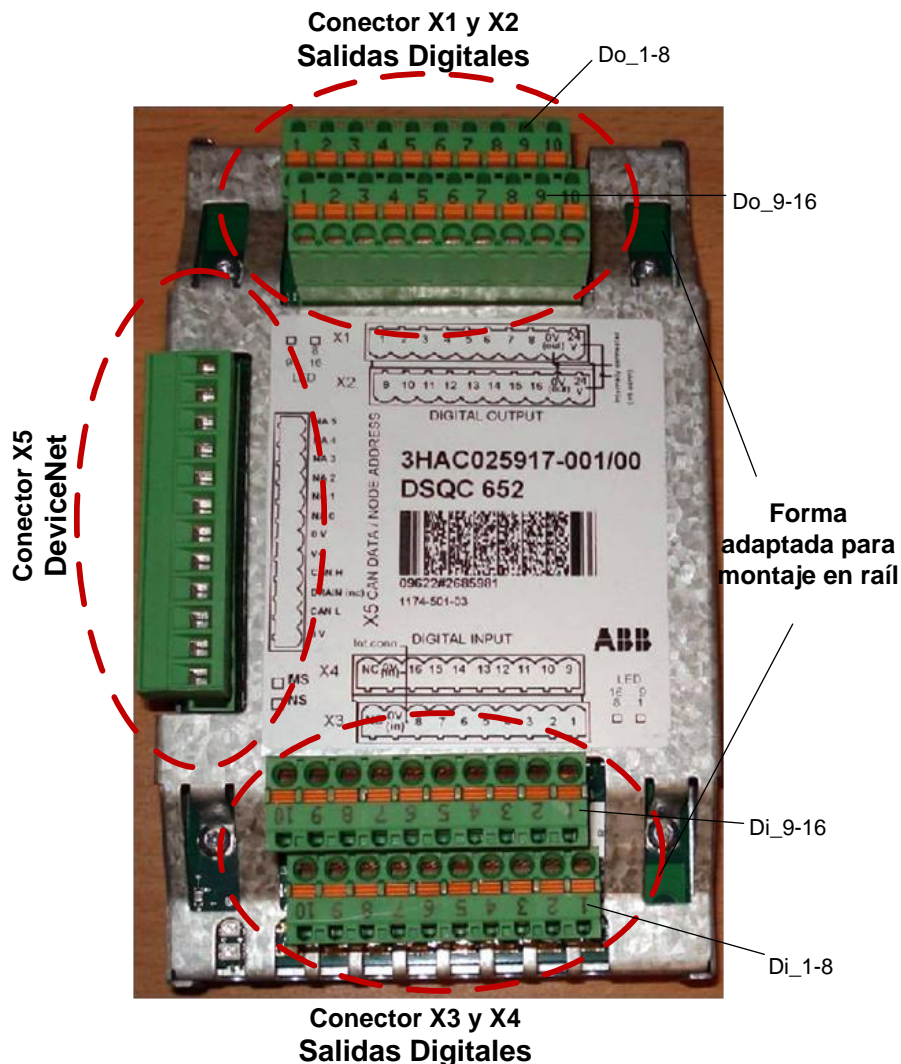


Figura V. 24: Esquema módulo E/S digital

- Conector X1 y X2, son los conectores para las salidas digitales que se utilizan en la estación. Se usan todas las señales, de la 1-8 de X1 y de la 1-8 de X2. En total se proporcionan 16 señales digitales de salida. En los dos conectores se conecta por defecto 10 a +24VDC y 9 a 0VDC.
- Conector X3 y X4, son los conectores para las entradas digitales que se utilizan en la estación. La conexión es la misma que para X1 y X2.
- Conector X5, es el encargado de la conexión lógica del módulo de E/S al bus de campo DeviceNet. Este a su vez conecta el módulo de E/S con la CPU del IRC5. Mediante un código de colores de los leds se puede saber el estado en el que se encuentra el bus.

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

En las siguientes tablas se muestra un resumen de los conectores X1-X2-X3-X4 módulo E/S. En el conector X5 se han dejado las conexiones que vienen por defecto.

Tabla V. 9: Función de las Salidas Digitales

SALIDAS DIGITALES DEL MÓDULO E/S				
SALIDA	COLOR CABLE	Activación (ON/OFF)	Conexión	FUNCIÓN
DO_1	Azul	1/0	V1	Acoplo/Desacoplo
DO_2	Amarillo	1/0	V2	Herramienta
DO_3	Verde	1/0	V3	Vacio/Soplar Garra
DO_4	Gris	1/0	V4	Abrir/Cerrar Pinza
DO_5	Verde	1/0	V5	Soplar/Vacio
DO_6	Rojo	1/0	V6	Área Almacén
DO_7	Rosa	1/0	V7	Soplar/Vacio
DO_8	Blanco-Rojo	1/0	V8	Área Trabajo
DO_9	Azul	1/0	GO_1-6	Activar/Desactivar Motor
DO_10	Rojo	1/0		Velocidad Motor
DO_11	Rosa	1/0		6 bits de resolución
DO_12	Morado	1/0		0-63 bin → 0-10 v
DO_13	Verde	1/0		bit + significativo: 14
DO_14	Negro	1/0		
DO_15	Blanco-Negro	1/0	V9	Activar/Desactivar Controlador Motor
DO_16	Marrón-Rosa	1/0	V10	Activar/Desactivar Sistema de Refrigeración

Tabla V. 10: Función de las Entradas Digitales

ENTRADAS DIGITALES DEL MÓDULO E/S				
SALIDA	COLOR CABLE	Activación (ON/OFF)	Conexión	FUNCIÓN
DI_1	Negro	1/0	Vident_1	Detección Herramienta
DI_2	Rojo	1/0	Vident_2	

○ **Conexionado**

En el área del sistema robótico es donde se concentran la mayoría de aplicaciones tanto hardware como software, es por tanto evidente que sea el área con mayor demanda del sistema de control. De esta forma, al llevar asociados el robot y todos los elementos, se hace uso del bus de conexión para el usuario entre el IRC5 y el IRB2400. Lo más normal hubiera sido tratar los dispositivos adicionales de control como parte del sistema general del IRC5, junto con el módulo de E/S. Pero dado que estos elementos solo se utilizan en esta área se ha visto más conveniente su explicación en este punto para su mejor comprensión.

● **Sistema de refrigeración Coolmates 3**

Se trata de un actuador externo. Se hace referencia a actuador externo a cualquier elemento que se utilice en el sistema robótico pero cuya disposición tanto a nivel hardware como a nivel software (de control) se encuentra totalmente externa al robot. De esta forma el único elemento del área robótica del que disponemos es el sistema de refrigeración. Este elemento es el **Coolmates 3** de la marca **Miller** explicado en el Capítulo IV (descripción de los elementos). Otro sistema externo que se podría dar es, por ejemplo, el mecanismo de suministro de pintura para las pistolas que se utilizan en la industria automotriz. Las características básicas para la implementación del control de este sistema son las siguientes:

Tabla V. 11: Especificaciones Coolmates 3

Modelo	Voltaje de entrada 50/60 Hz	Corriente máxima 50Hz 60Hz	Capacidad máxima de refrigeración	Media de refrigeración	Capacidad del deposito	Dimensiones	Peso neto
Coolmate 3	115 VAC	5,9A 4,7A	3,82 KW	1,42 KW	11,4 L	Largo: 584 mm	20 Kg
	230 VAC	2,5A 3,0A	4 L/min	1 L/min		Ancho: 311 mm	
						Alto: 337 mm	

En nuestro caso usamos un suministro de la red eléctrica tratado (aprovisionado de medidas de seguridad y control) del cual obtendremos las dos fases útiles así como la toma de tierra. Por tanto usamos un voltaje de entrada de 220 VAC a 50 Hz.

El sistema Coolmates 3 incorpora, obviamente, el aparato de refrigeración además del líquido de refrigeración, los racores-conectores necesarios para la conexión del tubo de suministro (de 4mm) y el cable de conexión eléctrica (dos fases mas toma de tierra). En la parte frontal del Coolmates 3 se incorpora un interruptor de tipo ON/OFF para la habilitación manual del sistema. Siempre que esté funcionando la estación este interruptor estará encendido, pasando su habilitación a un sistema de control. Mediante el sistema de E/S explicado anteriormente, así como el uso de un par de relés **40.31 Finder** enchufables se consigue el control del suministro eléctrico al Coolmates 3. En la siguiente tabla queda recogido el funcionamiento del aparato de refrigeración en función de la señal con la que se actúa sobre los relés. Se utiliza un relé para cada fase útil.

Tabla V. 12: Control Sistema de refrigeración

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN		
Do_6	Estado relés	Función Refrigeración
0	No conectados; Circuito abierto	Encendido
1	Conmutados; Circuito cerrado	Apagado

El relé se enchufa sobre un zócalo 9503 SMA específicamente diseñado para ello, que es donde se conectan los cables, tanto del sistema de control como de la línea de suministro eléctrico. Además el zócalo está diseñado para el montaje sobre carril. De esta forma si el relé se dañara, simplemente se cambiaría por otro sin tener que manipular ninguna conexión. En la imagen se muestra cada elemento con su circuito. En el montaje real la disposición esta girada 180°, de tal forma que la muesca blanca de conexión con el carril queda en la parte superior del mismo.

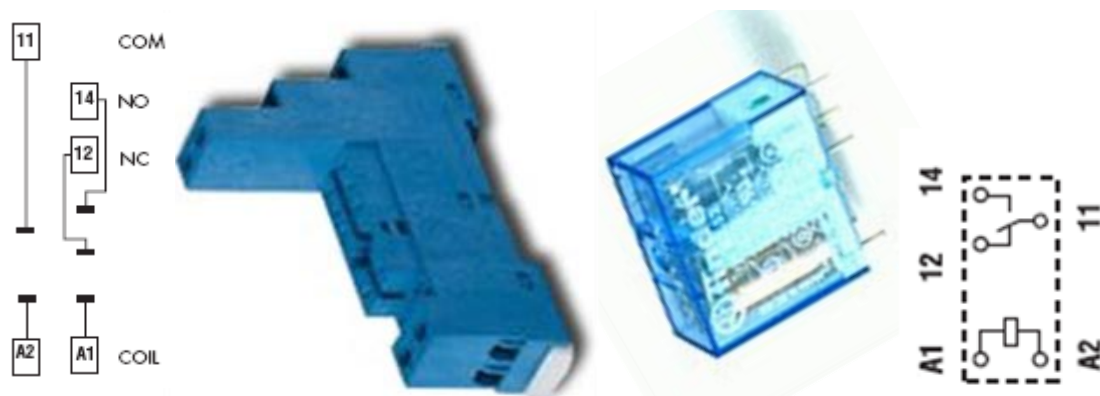


Figura V. 25: Conexiones Zócalo- relé enchufable

Las conexiones se realizan sobre el zócalo. El esquema eléctrico queda de la siguiente forma:

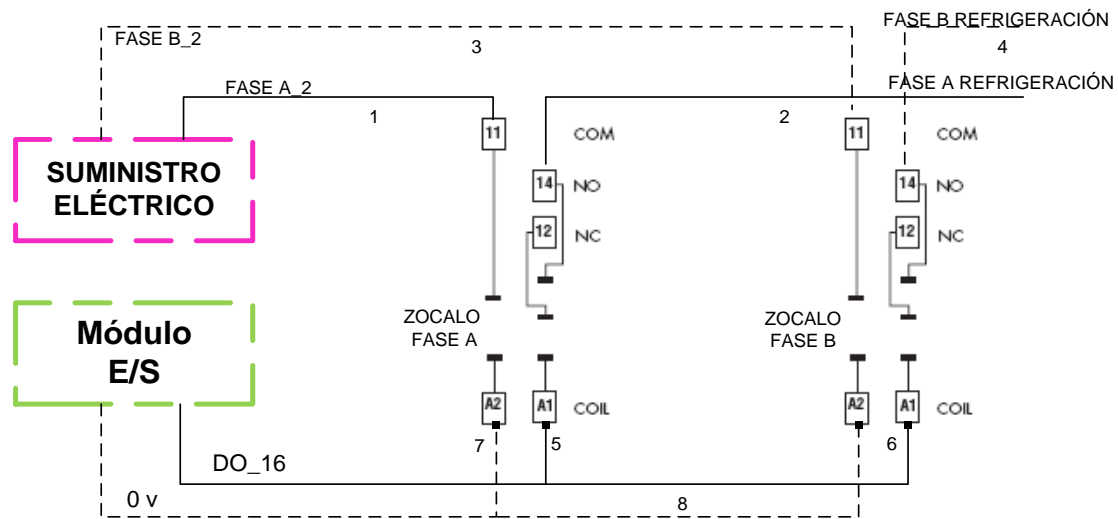


Figura V. 26: Conexiones sistema de refrigeración

A1, A2: Diferencia de tensión que activa el relé. Cuando A1 vale '1' hay +24VDC.

FASE A2, FASE B2: Líneas de suministro eléctrico interno.

DO_16: Señal 8 del XT2 del módulo de E/S

Pin 10 XT1: Señal de masa obtenida del módulo de E/S

Tabla V. 13: Color cables conexiones CoolMates 3

CONEXIONES PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN			
Línea	Color Cable	Inicio	Final
1	Azul (menos sección)	FASE A_2	Pin 11 zócalo fase A
2	Azul (más sección)	Pin 14 zócalo fase A	Fase A Refrigeración
3	Marrón (menos sección)	FASE B_2	Pin 11 zócalo fase B
4	Marrón (más sección)	Pin 14 zócalo fase B	Fase B Refrigeración
5	Marrón-Rosa	Do_16	A1 Zócalo Fase A
6			A1 Zócalo Fase B
7	Negro	Pin 10 XT1	A2 Zócalo Fase A
8			A2 Zócalo Fase B

• **Sistema de control del servo-motor**

Anteriormente se ha expuesto el funcionamiento de la herramienta de mecanizado, para ello se hacía uso de otros elementos principales como un controlador B30A40C o el conversor digital analógico. Estos elementos no se encuentran directamente accesibles a la herramienta al situarse en el interior del IRC5. A continuación se muestra todas las conexiones existentes entre estos elementos:

- Partiendo de las especificaciones, el circuito para controlar la alimentación del B30A40AC es el siguiente :

Tabla V. 14: Señales pines conector C1

C1 - Power Connector			
Pin	Name	Description / Notes	I/O
1	AC1	AC Supply Input (Single Or Three Phase)	I
2	AC2		I
3	AC3		I
4	CASE GND	Case Ground	PE
5	NC	Not Connected (Reserved)	-

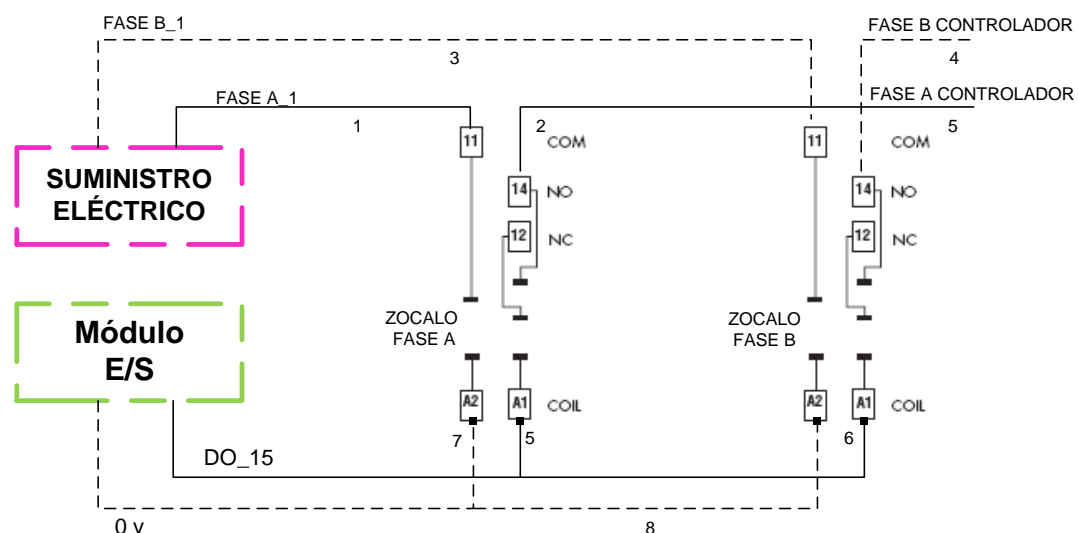


Figura V. 27: Conexiones encendido B30A40C

Tabla V. 15: Color cables encendido B30A40C

CONEXIONES PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN			
Línea	Color Cable	Inicio	Final
1	Azul	FASE A_1	Pin 11 zócalo fase A
2		Pin 14 zócalo fase A	Pin2 - C1
3	Marrón	FASE B_1	Pin 11 zócalo fase B
4		Pin 14 zócalo fase B	Pin1 - C1
5	Blanco-Negro	Do_15	A1 Zócalo Fase A
6			A1 Zócalo Fase B
7	Negro	Pin 10 XT1	A2 Zócalo Fase A
8			A2 Zócalo Fase B

De esta forma el controlador queda conectado de una forma segura y controlada, de forma manual mediante un automático montado en el sistema de suministro eléctrico y de forma electrónica mediante una señal software del módulo de E/S. Siempre que la estación este activa los automáticos estarán en ON, dejando el control al módulo de programación.

- El conexionado para todo el control del motor se sitúa en el interior del IRC5.

Se va a detallar mediante tablas y esquemas los circuitos eléctricos utilizados:

- **Bus de señales de realimentación.** Es el conector que realimenta el controlador con las señales de los sensores Hall y del termistor. Para ello se debe acoplar el conector P2 del controlador las señales provenientes del motor. Solo se conectaran líneas que se utilizan. Las especificaciones de las conexiones son:

Tabla V. 16: Señales pines conector P2 B30A40C

P2 - Feedback Connector			
Pin	Name	Description / Notes	I/O
1	HALL A	Single-ended Hall/Commutation Sensor Inputs (+5 V logic level)	I
2	HALL B		I
3	HALL C		I
4	ENC. CH. A+	Differential Encoder Channel A Input (+5 V Logic Level)	I
5	ENC. CH. A-		I
6	ENC. CH. B+	Differential Encoder Channel B Input (+5 V Logic Level)	I
7	ENC. CH. B-		I
8	ENC. CH. INDEX+	Differential Encoder Index Input (+5 V Logic Level)	I
9	ENC. CH. INDEX-		I
10	CTLR. LINE 1	User Controller Signal. Pass-through to Port 1 (P1) for customer use.	I/O
11	CTLR. LINE 2		I/O
12	SIGNAL GND	Signal Ground	SGND
13	+5V @ 250mA	±5 V @ 250 mA low power supply for customer use. Short circuit protected. Referenced to signal ground.	O
14	TACH IN	Negative Tachometer Input (Maximum ±60 V). Use signal ground for positive input.	I
15	CTLR. POWER	Controller Power. Pass-through to Port 1 (P1) for customer use.	I/O

Mediante un conector de 15 pines VGA hembra se conecta el bus entre el controlador y el motor. Para la conexión de estas señales de control con el motor se utiliza el dispositivo para conexionado propio entre señales del IRC5 y el ABB-2400. Este dispositivo habilitado por ABB se explicara a continuación del controlador. Las conexiones del conector hembra es el siguiente:

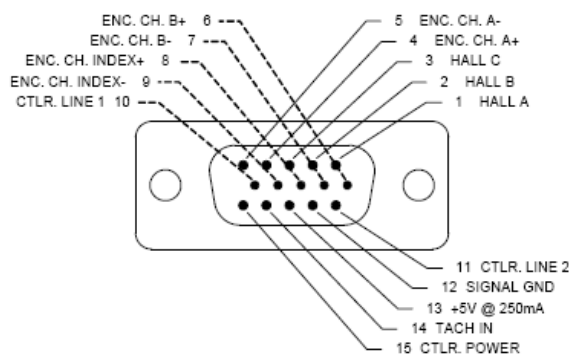


Figura V. 28: Distribución pines conector P2

Hay que tener en cuenta que para mantener la notación de los pines de la hembra en el macho estos no van a coincidir. Con la misma notación el pin 1 del conector hembra coincide con el pin 11 del macho. De la misma forma que el pin 6 del hembra coincide con el 6 del macho y el 11 del hembra con el 1 del macho. De esta forma el esquema del circuito y la tabla de valores quedan de la siguiente manera:

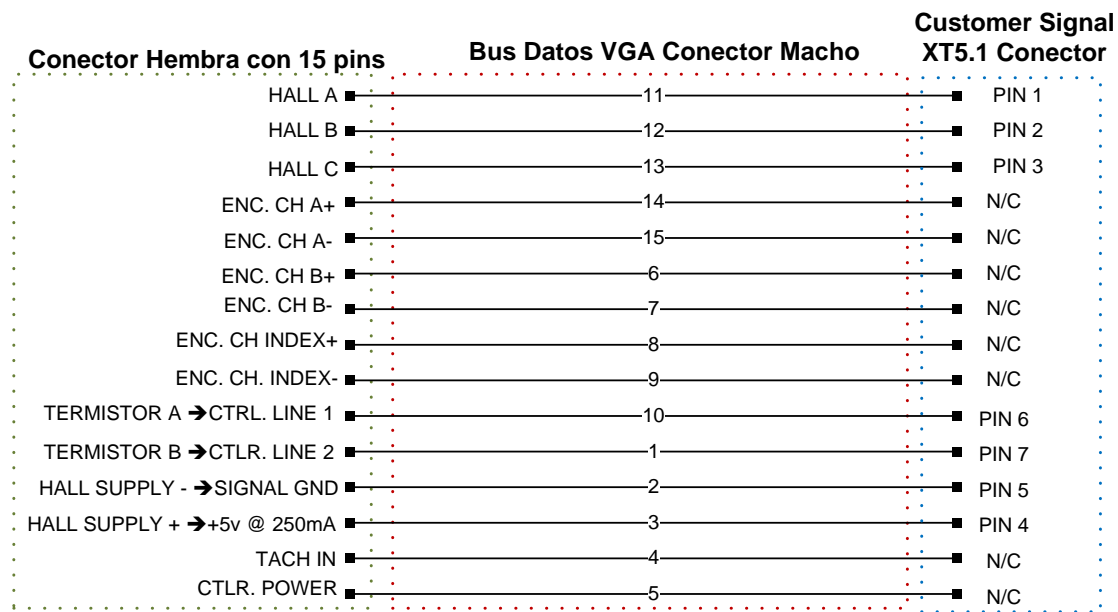


Figura V. 29: Esquema de conexión P2 - XT5.1

Tabla V. 17: Conexiones bus de realimentación

CONEXIONES PARA BUS DE REALIMENTACIÓN			
Línea	Color Cable	Inicio-P2	Final-XT5.1
1	Rojo-Marrón	Termistor B, CTRL. LINE 1	PIN 7
2	Morado	Hall Supply -, Signal GND	PIN 5
3	Marrón	Hall Supply +, 5v @ 250A	PIN 4
4	Negro	Tach IN	N/C
5	Blanco-Rojo	CTRL. POWER	N/C
6	Amarillo	Enc. Ch B+	N/C
7	Turquesa	Enc. Ch B-	N/C
8	Naranja	Enc. Ch Index+	N/C
9	Naranja-Verde	Enc. Ch Index-	N/C
10	Gris	Termistor A, CTRL. LINE 2	PIN 6
11	Azul-Negro	HALL A	PIN 1
12	Amarillo-Verde	HALL B	PIN 2
13	Blanco-Verde	HALL C	PIN 3
14	Rosa	Enc. Ch A+	N/C
15	Verde-Marrón	Enc. Ch A-	N/C

- **Bus de alimentación de potencia:** Se trata de un conector que proporciona las señales de potencia necesarias en los distintos devanados del motor. Las especificaciones de los pines en el conector son las siguientes:

Tabla V. 18: Pines conector P3 B30A40C

P3 - Motor Power Connector			
Pin	Name	Description / Notes	I/O
1	MOTOR A	Motor Phase A	0
2	MOTOR B	Motor Phase B	0
3	MOTOR C	Motor Phase C	0

Al igual que en el caso de las señales de realimentación, las señales de potencia llegan al motor haciendo uso del dispositivo para las conexiones propias entre IRC5 y ABB-2400. De esta forma el esquema de conexiones es el siguiente:

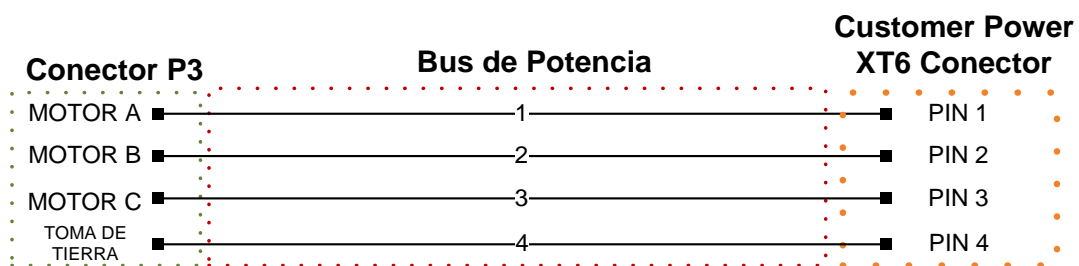


Figura V. 30: Esquema de conexión P3 – XT6

Tabla V. 19: Conexiones Bus de Potencia

CONEXIONES PARA BUS POTENCIA			
Línea	Color Cable	Inicio P3	Final-XT6
1	Negro	MOTOR A	PIN 1
2	Marrón	MOTOR B	PIN 2
3	Negro	MOTOR C	PIN 3
4	Amarillo-Verde	Tierra del Controlador	PIN 4

- **Bus de señales para funcionamiento.** Para poder utilizar el motor con total garantías y en la totalidad de sus posibilidades simplemente hace falta la conexión de las señales que producen el arranque del motor o la regulación de la velocidad. Para ellos se hace uso del conector P1 del regulador de 16 pines, en el cual se actúa sobre las funciones del motor y además de monitorizar su estado.

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

Tabla V. 20: Señales pines conector P1 B30A40C

P1 - Signal Connector			
Pin	Name	Description / Notes	I/O
1	+10V 3mA OUT	±10 V @ 3 mA low power supply for customer use. Short circuit protected. Reference ground common with signal ground.	O
2	SIGNAL GND		SGND
3	-10V 3mA OUT		O
4	+REF	Differential Reference Input (±10 V Operating Range, ±15 V Maximum Input)	I
5	-REF		I
6	VEL INPUT	Single ended reference input for external velocity signal, range ±10 V (maximum ±15 V).	I
7	ENC. VEL. MONITOR	Encoder Velocity Monitor. Analog output proportional to the frequency of encoder lines or, equivalently, to motor speed. Scaling is 25 kHz/V.	O
8	CURR MONITOR OUT	Current Monitor. Analog output signal proportional to the actual current output. Scaling is 4.2 A/V by default but may be reduced by DIP switch settings (see Hardware Settings section below). Measure relative to signal ground.	O
9	CURR REFERENCE	Measures the command signal to the internal current-loop. This pin has a maximum output of ±7.25 V when the drive outputs maximum peak current. Measure relative to signal ground.	O
10	RESERVED	Reserved	-
11	INHIBIT / ENABLE	TTL level (+5 V) inhibit/enable input. Pull to ground to inhibit drive (SW1-6 ON). Pull to ground to enable drive (SW1-6 OFF).	I
12	+INHIBIT / ENABLE	Positive Direction Inhibit (Does Not Cause A Fault Condition)	I
13	-INHIBIT / ENABLE	Negative Direction Inhibit (Does Not Cause A Fault Condition)	I
14	FAULT	TTL level (+5 V) output becomes high when power devices are disabled due to at least one of the following conditions: inhibit, invalid Hall state, output short circuit, over voltage, over temperature, power-up reset.	O
15	+5V @ 250mA	±5 V @ 250 mA low power supply for customer use. Short circuit protected. Referenced to signal ground.	O
16	SIGNAL GND	Signal Ground	SGND
17	CTRL. POWER	Controller Power. Pass-through to Port 2 (P2) for customer use.	I/O
18	CTRL. LINE 1	User Controller Signal. Pass-through to Port 2 (P2) for customer use.	I/O
19	CTRL. LINE 2		I/O
20	ENC. CH. A+	Differential Encoder Channel A Output. Pass-through from Port 2 (P2).	O
21	ENC. CH. A-		O
22	ENC. CH. B+	Differential Encoder Channel B Output. Pass-through from Port 2 (P2).	O
23	ENC. CH. B-		O
24	ENC. CH. INDEX+	Differential Encoder Index Output. Pass-through from Port 2 (P2).	O
25	ENC. CH. INDEX-		O
26	HALL VEL. MONITOR	Hall Velocity Monitor. Analog output proportional to the Hall frequency or, equivalently, to motor speed. Scaling is 95 Hz/V.	O

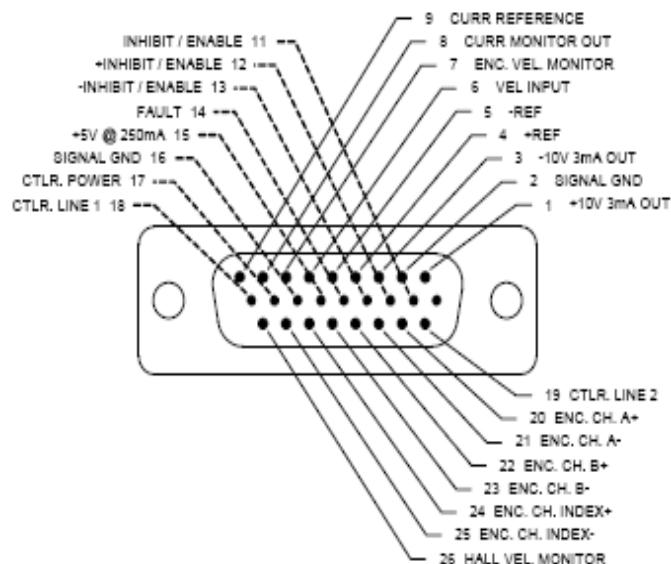


Figura V. 31:
Distribución pines
conector P1

De todas las posibilidades que ofrece solo se emplean señal de regulación de velocidad mediante “+REF” y la de activación del motor “INHIBIT/ENABLE”.

- La conexión para la función de “INHIBIT/ENABLE” es la siguiente:

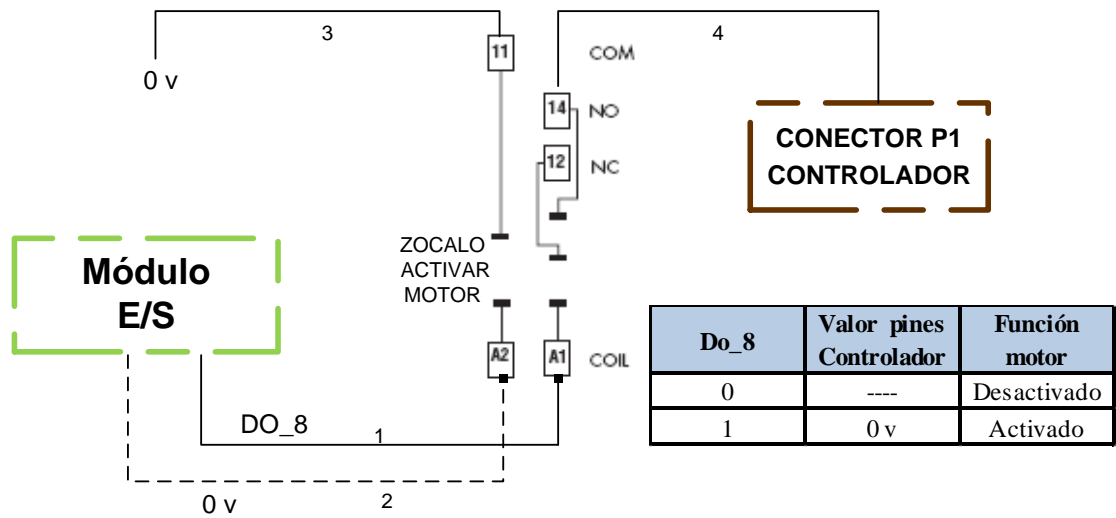


Figura V. 32: Esquema conexiones función habilitar SM3002

Tabla V. 21: Conexiones función habilitar SM3002

CONEXIONES PARA HABILITAR MOTOR				
Línea	Color Cable	Inicio	Final	Valor/Función
1	Rojo-Blanco	Pin 8 X1	A1 Zócalo	DO_8: 1/0
2	Negro	Pin 10 X1	A2 Zócalo	0 v
3	Rojo-Azul	Pin 10 X2	A11 Zócalo	0 v
4	Verde	Pin 11 Zócalo Pin 10,11,12 conector macho	Pin 11, 12, 13 Conector Hembra	0 v / ---

- La conexión para la función de subir o bajar la velocidad mediante el pin “+REF” es la siguiente:

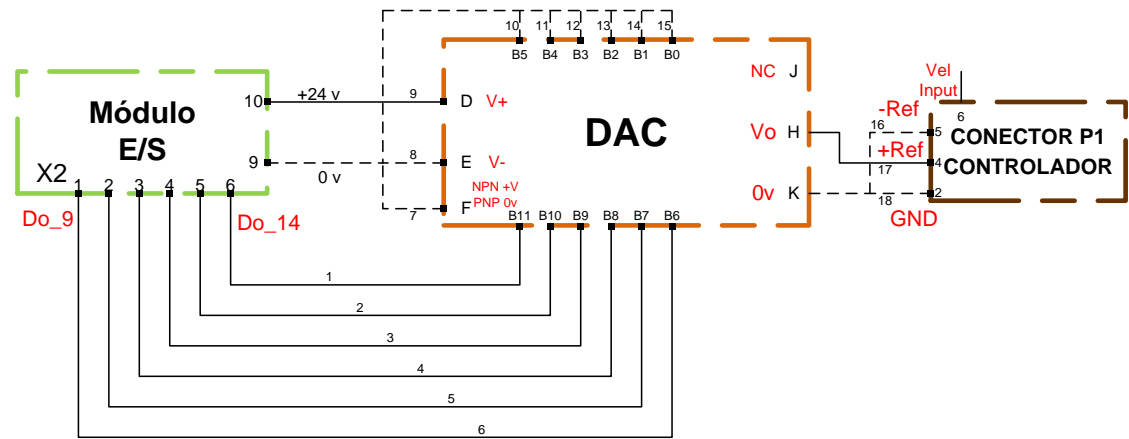


Figura V. 33: Esquema conexiones DAC

Tabla V. 22: Conexiones DAC

CONEXIONES PARA VELOCIDAD MOTOR				
Línea	Color Cable	Inicio	Final	Función/Valor
1	Negro	Pin 1 X2	Pin B11 DAC	DO_14: 1/0
2	Verde	Pin 2 X2	Pin B10 DAC	DO_13: 1/0
3	Morado	Pin 3 X2	Pin B9 DAC	DO_12: 1/0
4	Rosa	Pin 4 X2	Pin B9 DAC	DO_11: 1/0
5	Rojo	Pin 5 X2	Pin B7 DAC	DO_10: 1/0
6	Azul	Pin 6 X2	Pin B6 DAC	DO_9: 1/0
7	Negro	Pin 9 X2	Pin F DAC	0 v
8	Negro	Pin 9 X2	Pin E DAC	0 v
9	Rojo	Pin 10 X2	Pin D DAC	+24 v
10-15	Negro	Pin 9 X2	B5-B0	0 v
16	Azul-Blanco	Pin K DAC	Pin 5 P1	-Ref/0v
17	Rojo-Blanco	Pin H DAC	Pin 4 P1	Vo(DAC) = +Ref
18	Negro	Pin K DAC	Pin 2 P1	GND/0v

• Bus comunicación IRC5-IRB2400

Como se ha visto para que las diferentes herramientas del extremo puedan comunicarse con los sistemas que las controlan (ya sea directamente por el módulo de E/S, o por algún dispositivo adicional) se hace uso del bus de transmisión para uso propio entre el IRC5 y el robot ABB-2400. Este bus transmite tanto señales de control como de potencia, aunque en mangueras diferentes. Este sistema viene implementado por ABB, y se explica brevemente para entender adecuadamente el tránsito de señales entre los elementos de control y las herramientas. Se divide en dos zonas:

- Transmisión entre la zona de ‘Customer Conexión’ y el conector de la base del robot R1.CP/CS.
- Transmisión dentro del robot entre el conector R1.CP/CS de la base y el R2.CP/CS del brazo superior.

A continuación se muestra el esquema de conexión desde los conectores habilitados para uso propio en el IRC5 hasta los conectores en la articulación del robot. Solamente se muestran el recorrido que siguen las señales utilizadas en la estación. Los pines se muestran con la notación que ofrecen los manuales del IRC5 y el IRB-2400.

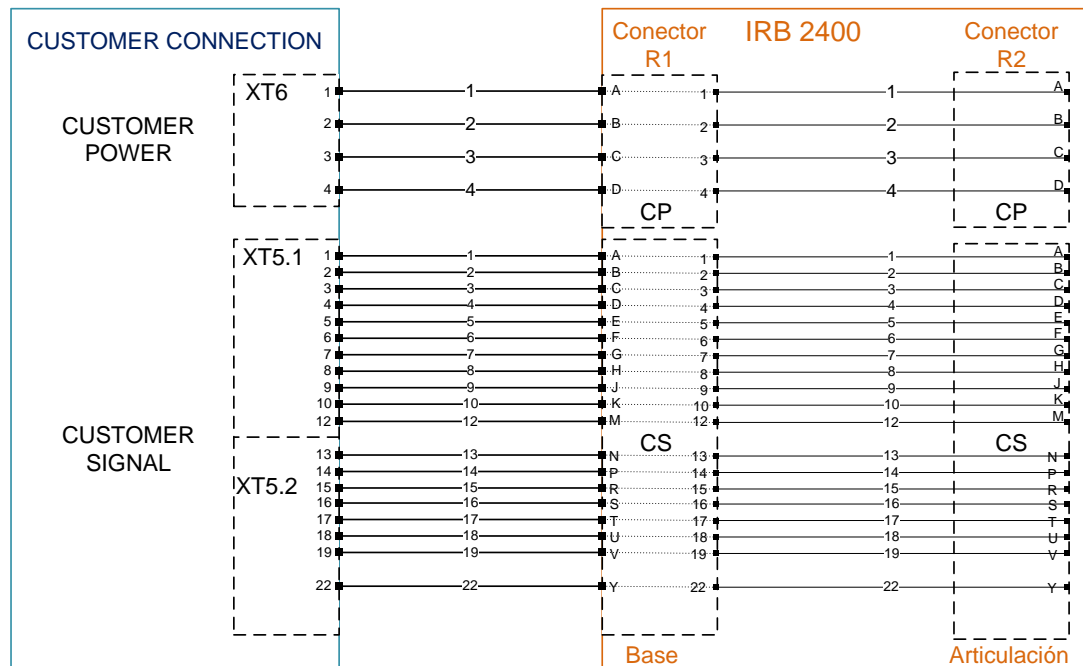


Figura V. 34: Esquema de conexiones BUS IRC5 – IRB2400

Para la comprensión de la tabla resumen hay que tener en cuenta que se introducen en ella las dos zonas de líneas como si fuera una, ya que comparten tanto numeración como el color del cable.

Tabla V. 23: Conexiones potencia BUS IRC5 - IRB2400

CONEXIONES DE POTENCIA BUS IRC5-IRB2400						
Pin. Inicio	Color cable	Señal	Línea	Color	Unión	Fin
XT6	entrada			Línea	R1.CP	R2.CP
1	Negro	MOTOR A	1	Negro	Pin A - Pin 1	Pin A
2	Marrón	MOTOR B	2	Marrón	Pin B - Pin 2	Pin B
3	Negro	MOTOR C	3	Rojo	Pin C - Pin 3	Pin C
4	Amarillo-Verde	SHLD	4	Naranja	Pin D - Pin 4	Pin D

Tabla V. 24: Conexión señales BUS IRC5-IRB2400

CONEXIONES SEÑALES BUS IRC5-IRB2400						
Pin. Inicio XT5	Color cable entrada	Señal	Línea	Color Línea	Unión R1.CS	Fin R2.CS
1	Azul-Negro	HALL A	1	Negro	Pin A - Pin 1	Pin A
2	Amarillo-Verde	HALL B	2	Marrón	Pin B - Pin 2	Pin B
3	Blanco-Verde	HALL C	3	Rojo	Pin C - Pin 3	Pin C
4	Marrón	Hall Supply+	4	Naranja	Pin D - Pin 4	Pin D
5	Morado	Hall Supply -	5	Amarillo	Pin E - Pin 5	Pin E
6	Gris	Termistor A	6	Verde	Pin F - Pin 6	Pin F
7	Rojo-Marrón	Termistor B	7	Azul	Pin G - Pin 7	Pin G
8	Violeta	DO_2	8	Violeta	Pin H - Pin 8	Pin H
9	Gris	DO_3	9	Gris	Pin J - Pin 9	Pin J
10	Blanco	Masa	10	Blanco	Pin K - Pin 9	Pin K
12	Morado	Masa	12	Blanco-Marrón	Pin M - Pin	Pin M
13	Rosa	+24 v	13	Blanco-Rojo	Pin M - Pin	Pin N
14	Negro	DI_1	14	Blanco-Naranja	Pin M - Pin	Pin P
15	Rojo	DI_2	15	Blanco-Amarillo	Pin M - Pin	Pin R
16	Por Conectar	Sensor V+	16	Blanco-Verde	Pin S - Pin 16	Pin S
17	Por Conectar	Sensor COM	17	Blanco-Azul	Pin T - Pin 17	Pin T
18	Por Conectar	Sensor POSN	18	Blanco-Violeta	Pin U - Pin 18	Pin U
19	Por Conectar	Sensor SHLD	19	Blanco-Gris	Pin V - Pin 19	Pin V
22	Azul	DO_1	22	Marrón-Naranja	Pin Y - Pin 22	Pin Y

- Conation IRB2400-TOOLCHANGER (Black Box)

Mediante la denominada “Black Box” o “Caja Negra” hacemos referencia al lugar donde se encuentra el punto de unión entre las señales que llegan del IRC5, como acabamos explicar, y estas mismas dirigiéndose al sistema “ToolChanger”. A su vez mediante el “ToolChanger” se pueden obtener directamente las señales en la herramienta situada en el extremo terminal del robot. Se ha realizado este sistema (caja negra), para poder conectar cómodamente este bus de unión, dado que en el extremo de la articulación se tienen dos conectores (R2.CP/CS), mientras que en el extremo más terminal únicamente se tiene uno (R19).

Como se ha explicado en el extremo de la articulación están los conectores R2.CP/CS, lo que suponen un total de 12 señales de potencia y 23 señales para alimentación y control de baja tensión. Mientras en el extremo terminal únicamente se conectan 19 señales entre potencia y baja tensión. De esta forma hay muchas más señales en un extremo que en otro. Ante posibles mejoras o cambios en los sistemas del extremo terminal del robot se han conectado todas las señales posibles en la caja negra (12 más 23). De esta forma en el interior de la caja mediante una placa de pistas se conectan las señales que convengan con las utilizadas en el ToolChanger. Esta conexión se realiza mediante clemas. Las señales de potencia utilizan dos cables hasta el ToolChanger. El esquema y el circuito de la caja negra queda de la siguiente manera:

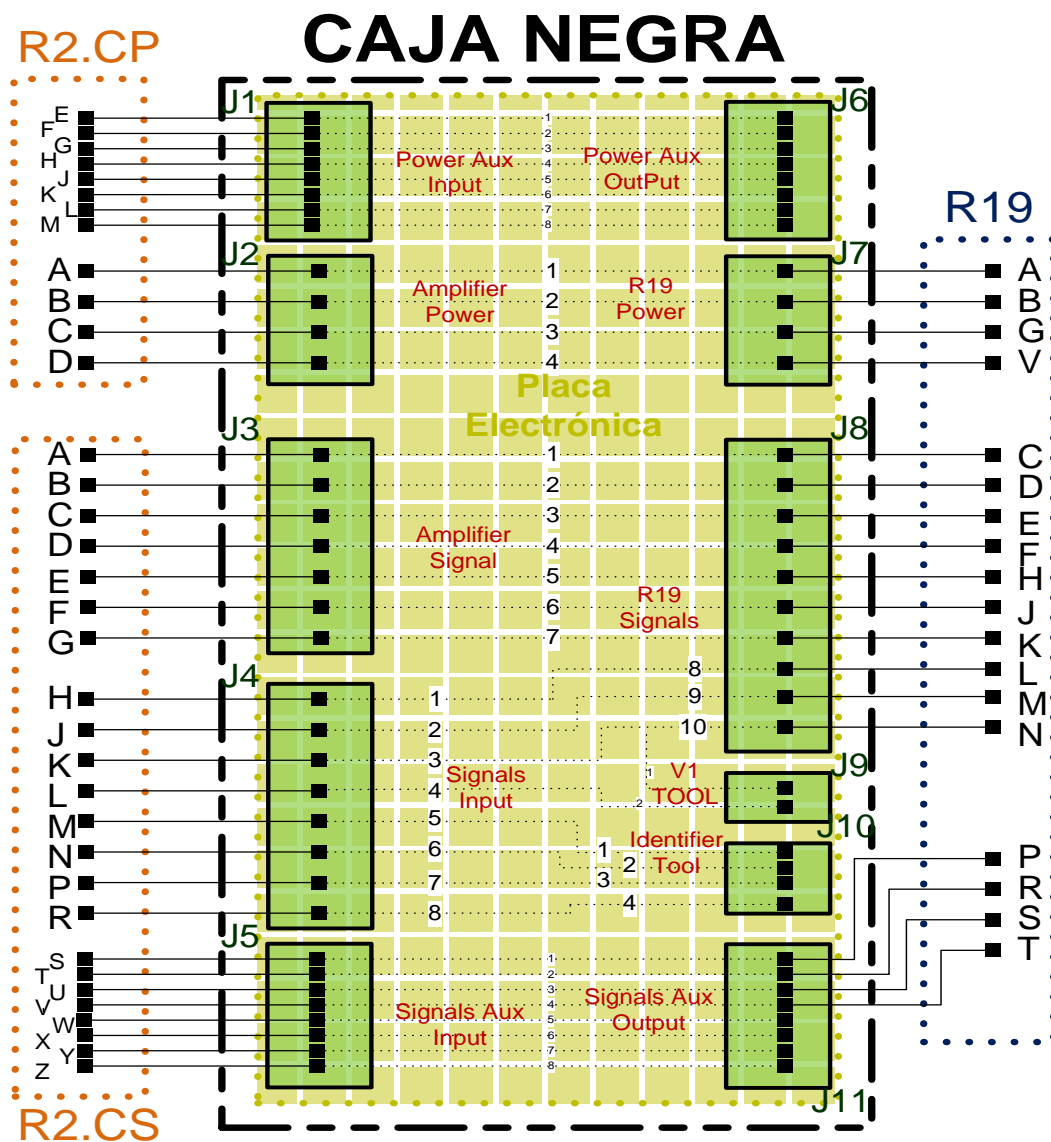


Figura V. 35: Esquema conexiones “Caja Negra” Robot

Tabla V. 25: Conexión señales “caja negra”

CONEXIONES SEÑALES BLACK BOX						
J3 & J4 →J8 & J9 & J10						
Pin R2.CP	Color cable entrada	Pin J IN	Señal	PIN J OUT	Color Línea	PIN R19
A	Blanco-Gris	1 J3	HALL A	1 J8	Amarillo	C
B	Marrón-Gris	2 J3	HALL B	2 J8	Marrón-Verde	D
C	Rosa	3 J3	HALL C	3 J8	Blanco-Verde	E
D	Blanco-Rosa	4 J3	Hall Supply +	4 J8	Blanco	F
E	Marrón-Rosa	5 J3	Hall Supply -	5 J8	Blanco-Rojo	H
F	Blanco-Negro	6 J3	Thermistor A	6 J8	Marrón-Azul	J
G	Marrón-Rojo	7 J3	Thermistor B	7 J8	Blanco-Azul	K
H	Rojo-Blanco	1 J4	V2	8 J8	Marrón-Rosa	L
J	Morado-Negro	2 J4	V3	9 J8	Blanco- Rosa	M
K	Marrón	3 J4	GND OUT	10 J8	Verde	N
L	Marrón	3 J4	GND OUT	1 J9	Negro	-
L	Rojo-Azul	4 J4	V1	2 J9	Negro	-
M	Rojo	5 J4	GND IN	1 J10	Azul & Azul	-
N	Azul	6 J4	24 V IN	2 J10	Rojo & Rojo	-
P	Amarillo-Blanco	7 J4	Input Identificator 1	3 J10	Amarillo	-
R	Amarillo	8 J4	Input Identificator 2	4 J10	Amarillo	-
J5→J11						
Pin R2.CP	Color cable entrada		Señal	Línea	Color Línea	PIN R19
S	Verde		SENSOR V+	1	Morado	P
T	Gris-Marrón		SENSOR COM	2	Blanco	R
U	Amarillo		SENSOR POSN	3	Marrón	S
V	Negro		SENSOR SHLD	4	Rosa	T
W	Negro-Blanco		Signal Aux5	5	-	-
X	Verde-Marrón		Signal Aux6	6	-	-
Y	Blanco-Verde		Signal Aux7	7	-	-
Z	Blanco		Signal Aux8	8	-	-

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

Tabla V. 26: Conexiones de potencia “caja negra”

CONEXIONES POTENCIA BLACK BOX					
J1→J6					
Pin R2.CP	Color cable entrada	Señal	Línea	Color Línea	PIN R19
E	Blanco-Amarillo & Blanco	Power Aux1	1	-	-
F	Marrón-Verde & Blanco Morado	Power Aux2	2	-	-
G	Verde & Blanco-Verde	Power Aux3	3	-	-
H	Rosa & Marrón-Rosa	Power Aux4	4	-	-
J	Azul & Blanco-Azul	Power Aux5	5	-	-
K	Marrón & Marrón-Azul	Power Aux6	6	-	-
L	Gris & Gris-Rosa	Power Aux7	7	-	-
M	Blanco & Blanco-Rojo	Power Aux8	8	-	-
J2→J7					
Pin R2.CP	Color cable entrada	Señal	Línea	Color Línea	PIN R19
A	Rojo & Marrón	MOTOR A	1	Blanco-Gris & Marrón-Gris	A
B	Marrón-Gris & Blanco-Gris	MOTOR B	2	Amarillo & Amarillo-Marrón	B
C	Amarillo & Amarillo-Marrón	MOTOR C	3	Rojo-Marrón & Rojo-Azul	G
D	Rojo-Marrón & Rojo-Azul	GND POWER	4	Rojo & Negro	V

5.1.2 Diseños realizados para el área de almacén de material

Como ya se ha comentado, en esta área es donde se almacenan todos los materiales de construcción que se emplean en la célula, y donde se realizarse ciertos sub-ensamblajes. Consiste en una mesa formada por una estructura de perfil extruido con una plancha metálica encima que da soporte a los distintos elementos de almacenamiento y a los elementos de sujeción y guiado necesario para realizar dichos sub-ensamblajes. Como se observa en la figura, se trata de la zona principal. También pertenece a esta área una zona auxiliar para el ensamblaje del bastidor

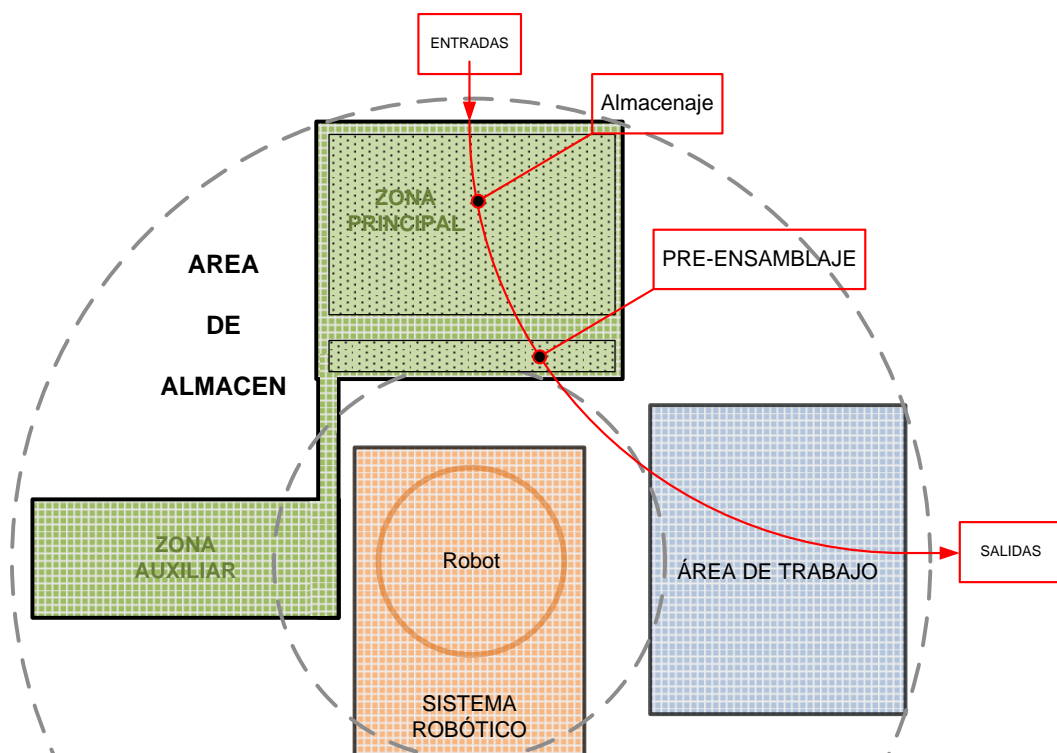


Figura V. 36: Layout Estación - Almacén

Como se verá en el apartado de diseños software de un modo más claro, este Proyecto Fin de Carrera ha sido el encargado de diseñar la implementación de la estructura de almacenamiento de material. También es propósito de este proyecto fin de carrera la implementación de los elementos específicos de almacén y pre-ensamblaje para el correcto desarrollo del proceso de ensamblaje del saneamiento del módulo de aguas. Por tanto los diseños realizados en esta área son los relacionados con dicho proceso de ensamblaje, además de algunos relacionados con el mecanizado de baldosas como veremos en los siguientes apartados.

A continuación se muestra una lista con todos los diseños realizados, destacando los que están dentro del alcance de este Proyecto Fin de Carrera:

- **Diseño mecánico de la estructura.**
- Diseño de los sistemas de almacenaje para los distintos materiales empleados:
 - Almacén de elementos del módulo de aguas.
 - Almacén de elementos del bastidor.
 - **Almacén de elementos de saneamiento.**
 - Almacén de baldosas.
- Diseño de el sistema de guiado y sujeción para el área de subensamblajes.
 - Subensamblajes del bastidor.
 - **Subensamblajes del saneamiento.**
- Circuito neumático.

5.1.2.1 Diseño mecánico de la estructura

La estructura es el dispositivo físico o soporte donde se almacenan todos los materiales para el ensamblaje del módulo de aguas. También es el lugar donde se realizan pre-ensamblajes básicos. Como se muestra en la figura anterior, dentro de la zona principal se encuentran tanto la parte de almacén como la de pre-ensamblaje. Su gran cercanía resulta perfecta para poder realizar la fijación de distintos elementos pre-ensamblados en los que constantemente hay que hacer uso de estas dos zonas, de tal forma que se acortan en gran medida los tiempos de ciclo. Esta mesa o soporte mecánico consiste esta constituido por dos elementos:

- Una **estructura de perfil extruido** de sección 45x45mm apoyada sobre cuatro patas de goma regulables gracias a las cuales proporciona la altura adecuada. Resulta una estructura fácil de montar o modificar, rígida y con un coste reducido.
- Una **plancha metálica de aluminio**, de gran facilidad de mecanizar para disponer todos los elementos de almacén y pre-ensamblaje. Diseñada específicamente y mecanizada mediante corte laser para el uso adecuado de ventosas de vacío.

El chasis de la mesa formado por barras de perfil extruido de sección 45x45mm. Las dimensiones totales son 1045x840x466,5. Las medidas están en mm. En la siguiente imagen se muestra la estructura:

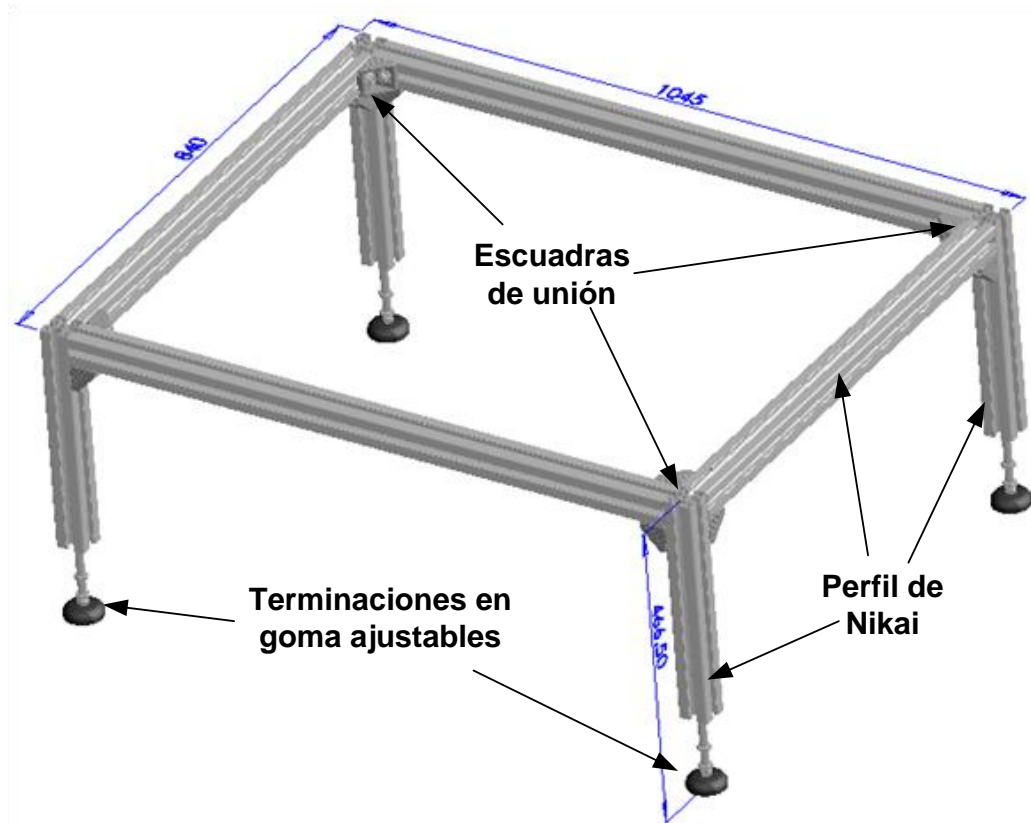


Figura V. 37: Estructura perfil extruido área de almacén

Por otro lado la forma y dimensiones de la plancha de aluminio se especifican a continuación. Se trata de una plancha de aluminio de 1190 por 990. Observando las medidas de la estructura de perfil extruido se observa como la plancha es de mayores dimensiones, por lo tanto hace voladizo en los cuatro lados. Estando en el lado de 1190 mm centrado respecto al chasis. En el lado de 990 mm queda desplazado del eje medio del chasis hacia delante, de tal forma que queda más cerca del robot (las patas de la mesa están lo más cerca que es posible). Para una mejor comprensión se puede visualizar los planos en el Capítulo de anexos.

El tablero tiene 4 agujeros avellanados de 12 mm de diámetro interior equidistantes para la fijación del tablero mediante tornillos roscados a las patas. El acoplamiento de los elementos se realiza de la siguiente forma:

A continuación se explica la constitución del tablero que tendrá funciones para almacenaje de material y para el empleo de sub-ensamblajes.

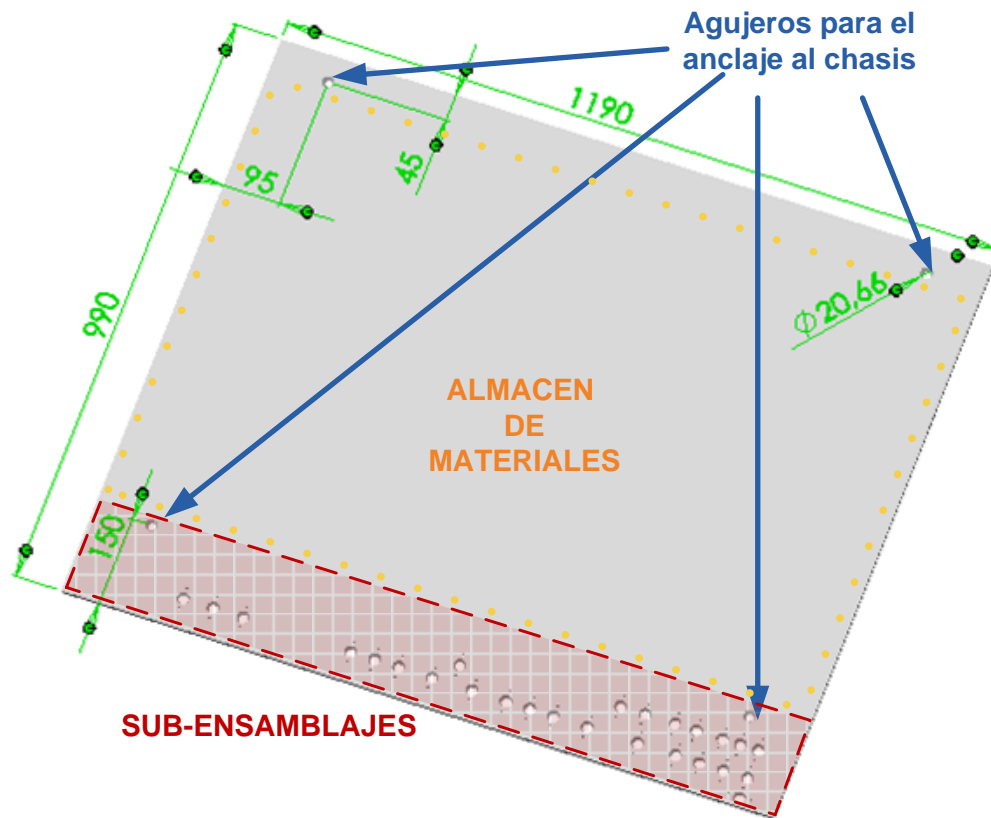


Figura V. 38: Tablero área almacén

La unión entre el tablero y la estructura de perfil extruido se realiza de la siguiente manera:

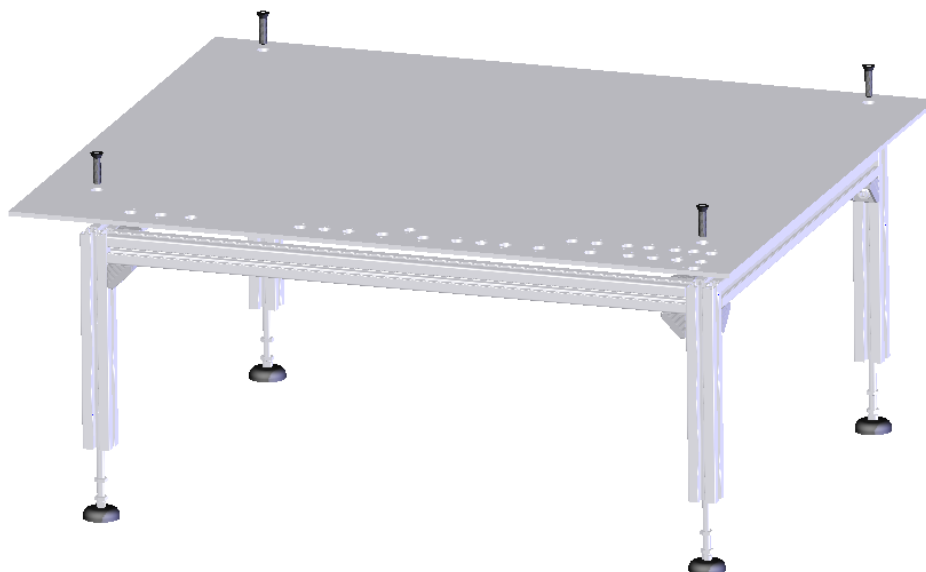


Figura V. 39: Unión entre tablero y estructura perfil extruido almacén

En la siguiente imagen se observa la forma del tablero con un diseño específico para la integración de ventosas de aspiración en la zona de sub-ensamblajes. Para la zona de almacén no se ha realizado ningún diseño. De forma manual se ha mecanizado el tablero satisfaciendo las necesidades de alojamiento de material. En el siguiente punto se explicara la distribución de este material. La línea superior de taladros está destinada al sub-ensamblaje de elementos del saneamiento del módulo de aguas. Mientras que la 2ª línea de taladros, la inferior, está destinada al sub-ensamblaje de elementos para el bastidor del módulo de aguas.

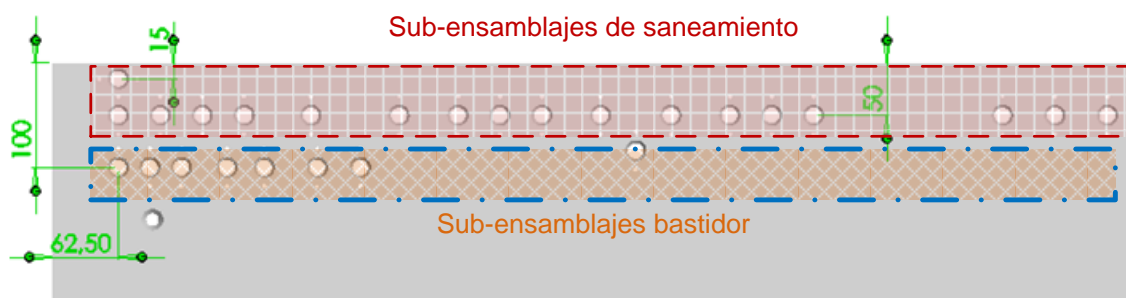


Figura V. 40: Esquema general zona de sub-ensamblajes del tablero

En la parte inferior se visualiza el plano aumentado de los orificios para las ventosas y para los anclajes de estas.

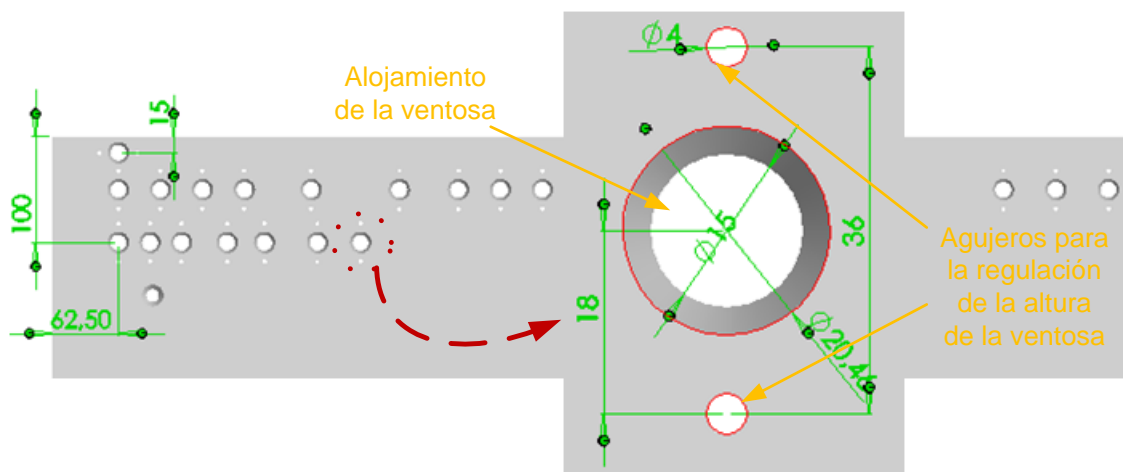


Figura V. 41: Visión ampliada del lugar de anclaje de las ventosas.

El bastidor o estructura de perfiles, está anclado a la base del robot mediante unas escuadras de acero. Estas escuadras de acero por un lado se atornillan de una forma fácil al perfil de las patas, y por otro lado están soldadas a la base del robot. Finalmente, la mesa de almacén y pre-ensamblaje queda fijada en la estación respecto al robot de la siguiente forma:

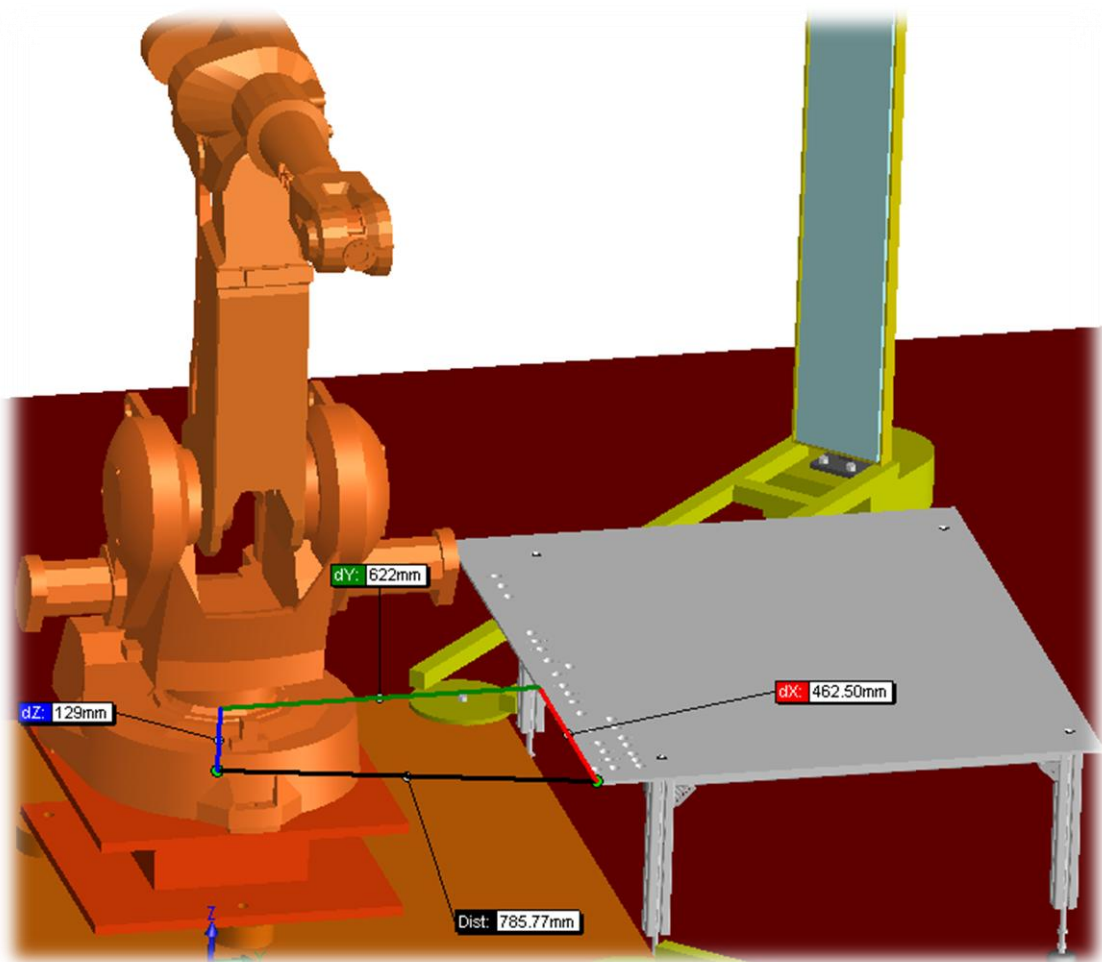


Figura V. 42: Situación de la estructura de almacén en la estación.

La distancia se toma con respecto al sistema de referencias del controlador del robot, el IRC5, que se sitúa en la parte inferior del robot. De esta forma la distancia es:

- X: 462,5 mm
- Y: 129 mm
- Z: 622 mm
- Distancia normal: 765,77mm

5.1.2.2 Diseño de los sistemas de almacenaje para de los elementos de saneamiento

En este apartado se describirán todos los diseños realizados para almacenar los materiales empleados en el conformado del sistema de saneamiento para el módulo de aguas. Estos se han expuesto con anterioridad en el Capítulo III y son los siguientes:

- Tuberías
- Racores
- Elementos de fijación
- Tuberías: A continuación se expone el diseño de cada almacén adecuado a las especificaciones de elementos que vimos en el Capítulo III. En la siguiente tabla podemos ver una lista de las tuberías y su en el plano su distribución en sus correspondientes almacenes, (medidas en mm):

Tabla V. 27: Nomenclatura tuberías

ELEMENTOS			
DESCRIPCIÓN	LONGITUD	CANTIDAD	NOMBRE
Tubos Φ 25mm	200 mm	x3	Tub200_1
			Tub200_2
			Tub200_3
Tubos Φ 20mm	300 mm	x2	Tub300_1
			Tub300_2
	450 mm	x2	Tub450_1 Tub450_2
	400 mm	x2	Tub400_1
			Tub400_2

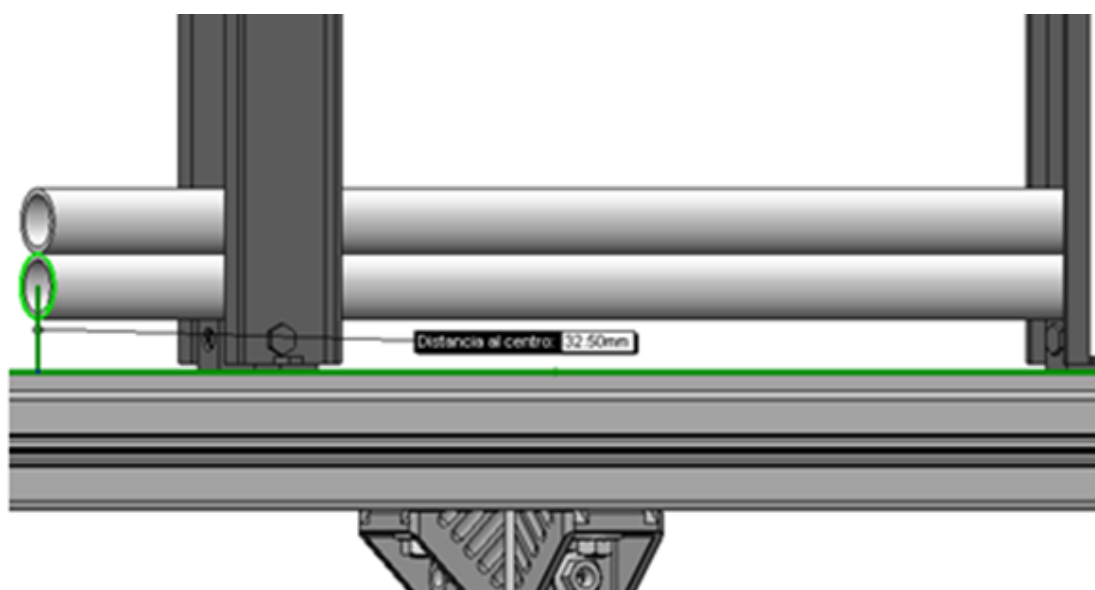


Figura V. 43: Altura de reposo de las tuberías

En la figura anterior se muestra la altura del centro del tubo de 25 mm desde la superficie del tablero, 32.50 mm. Para los tubos de 20 mm esta altura es de 30 mm. En la siguiente figura se puede apreciar la distribución de todas las tuberías que se utilizan para la consecución de los ServiceCore.

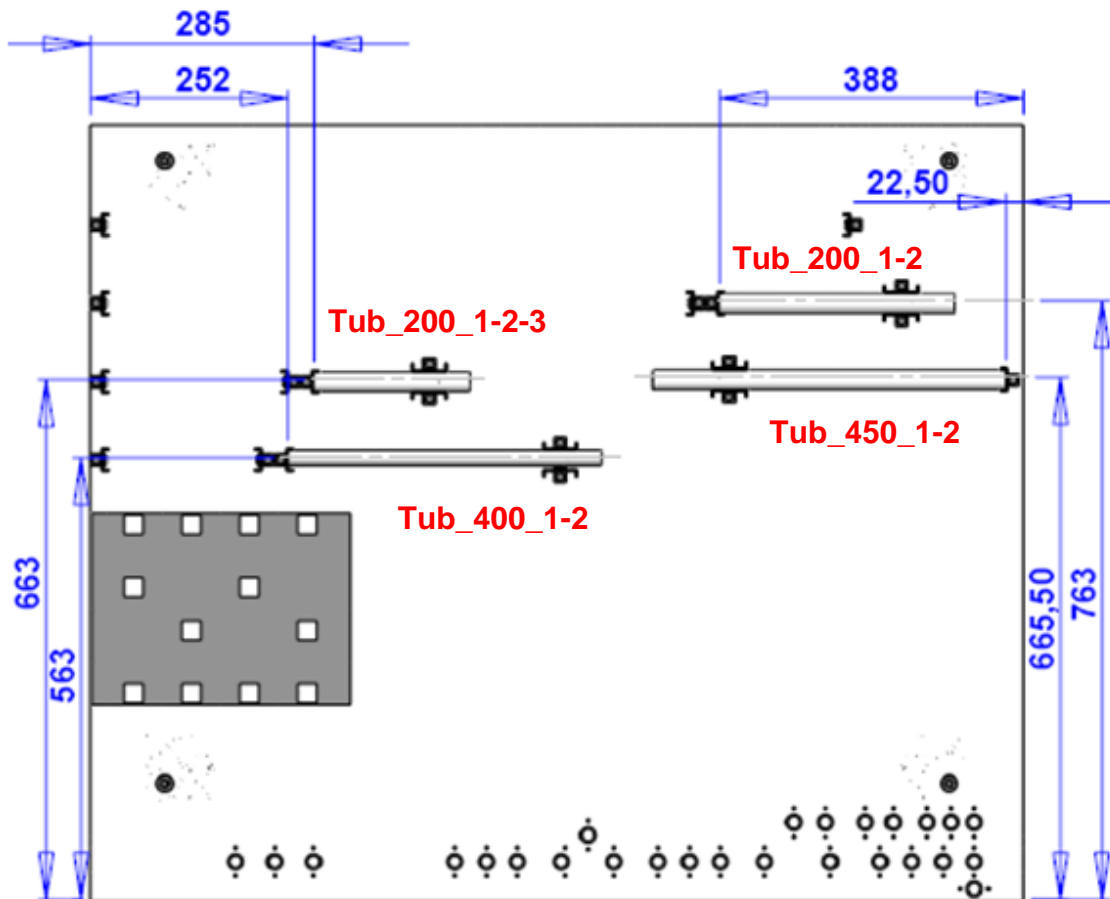


Figura V. 44: Distribución tuberías en almacén

- Racores: En el caso del almacén de los racores su distribución dentro de la mesa de la zona de almacén y pre-ensamblaje así como la tabla de elementos es la siguiente:

Tabla V. 28: Nomenclatura racores

ELEMENTOS			
DESCRIPCIÓN	NOMBRE	CANTIDAD	NOMBRE
Racores	Tés	x2	Te_1 Te_2
	Codos	x3	Codo_1 Codo_2 Codo_3
	Reductores	x2	Rdtr_1 Rdtr_2
	Codos terminales	x2	C_fin_1 C_fin_2
	Llave	x1	Llave

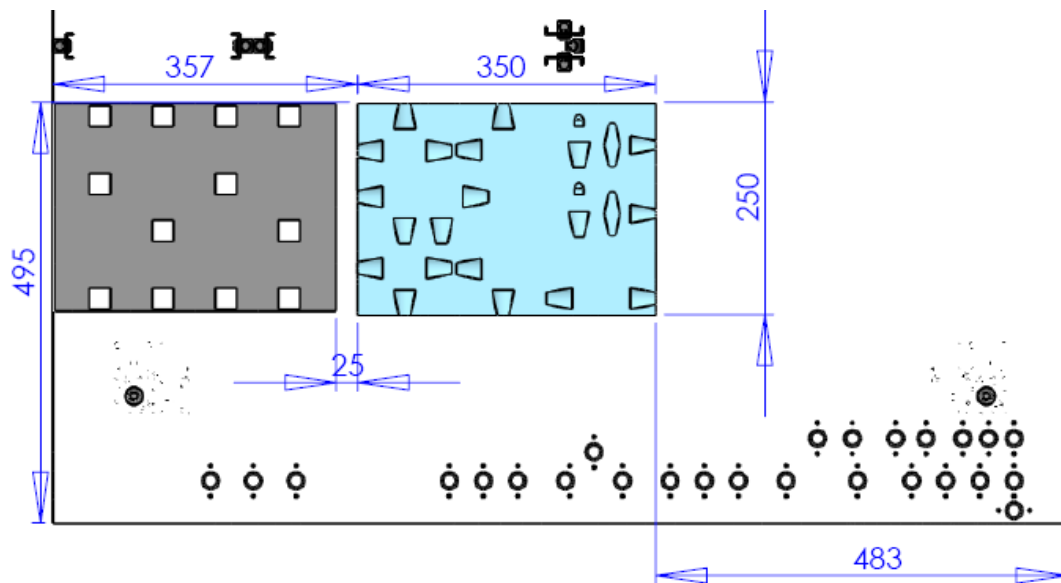


Figura V. 45: Situación almacén racores en área de almacenamiento

Las medidas de los racores se pueden ver en el Capítulo III. Todas las medidas son en mm. La distribución de racores dentro de su propio almacén es la siguiente:

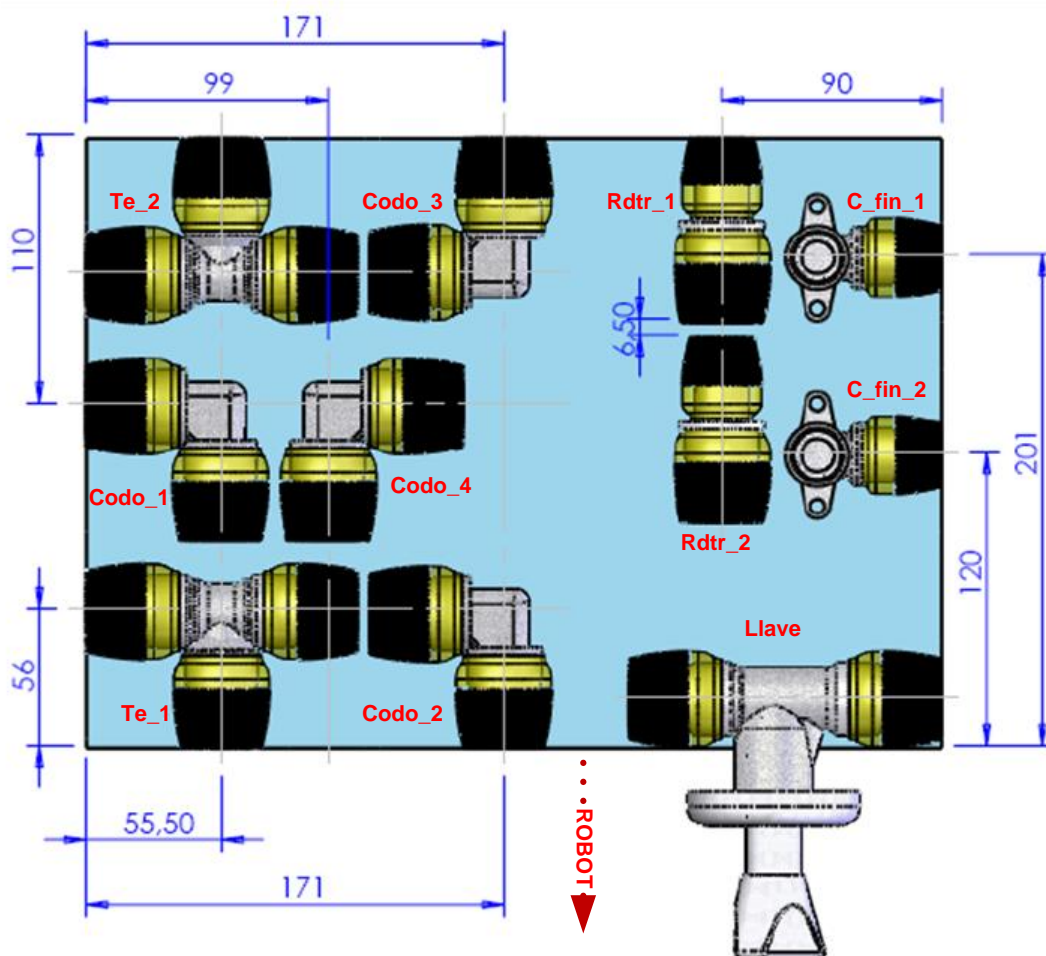


Figura V. 46: Distribución racores saneamiento en su almacén

- Elementos de fijación: Se tienen dos tipos de abrazaderas para la fijación. Unas son para el amarre de tubos de 25 mm de diámetro, y otras para tubos de 20 mm de diámetro.

Tabla V. 29: Nomenclatura abrazaderas

ELEMENTOS				
DESCRIPCIÓN ABRAZADERA	CANTIDAD	NOMBRE		
Para tubos de Φ 25mm	x9	Abrz_25_1	Abrz_25_2	Abrz_25_3
		Abrz_25_4	Abrz_25_5	Abrz_25_6
		Abrz_25_7	Abrz_25_8	Abrz_25_9
Para tubos de Φ 20mm	x4	Abrz_20_1	Abrz_20_2	
		Abrz_20_3	Abrz_20_4	

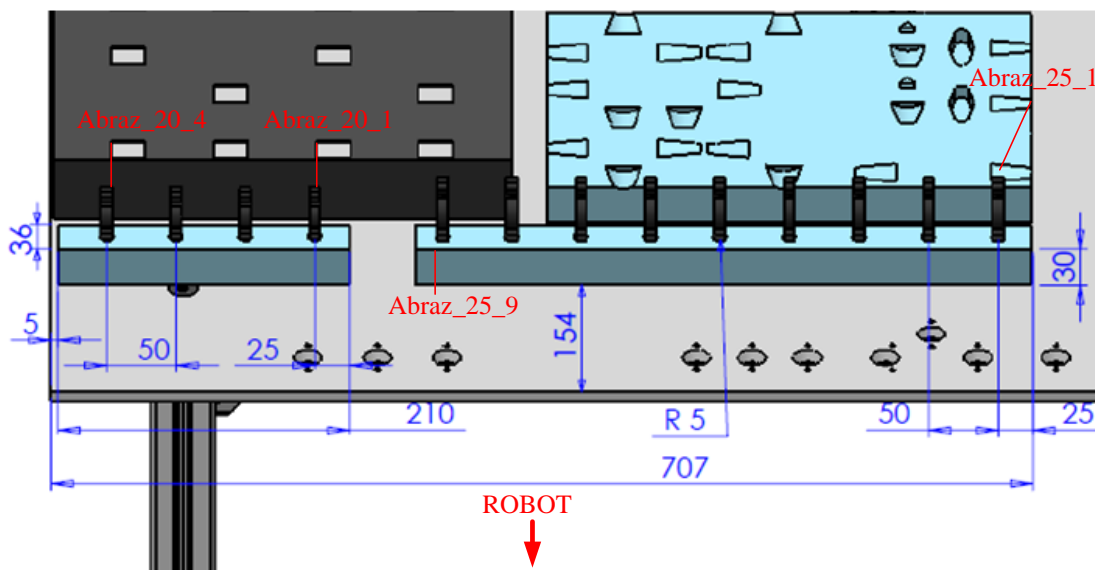


Figura V. 47: Distribución abrazaderas en el área de almacén

Como se observa en la imagen todas las abrazaderas están separadas entre sí una distancia constante de 50 mm. La brida inicial se separa del borde 25 mm. Las dimensiones de las abrazaderas se pueden ver en el diseño software. El robot está situado en la parte más cercana de la imagen. La esquina de la mesa se utilizara posteriormente como referencia para la construcción del programa del robot.

5.1.2.3 Diseño de sistemas para el sub-ensamblaje de elementos del saneamiento

El área de almacén de material además de disponer de los elementos necesarios para el almacenaje de todos los materiales empleados en la construcción del sistema de saneamiento, también dispone de un área donde se realizan distintos sub-ensamblajes con el fin de reducir los tiempos de transporte de material en los procesos de ensamblado. Para el ensamblaje de los dos módulos de aguas diseñados, ya sea por una reducción significativa de los tiempos de ciclo o por una mayor facilidad para la integración, es necesario el empleo de sub-ensamblajes.

El área orientada para los sub-ensamblajes del saneamiento, se divide a su vez en dos:

- Zona destinada para los sub-ensamblajes de tubos de 20 mm de diámetro.
- Zona destinada para los sub-ensamblajes de tubos de 25 mm de diámetro.

En la siguiente imagen se observa la distribución del área para sub-ensamblajes de saneamiento en zona para tubo de 25 mm y 20 mm de diámetro. Las distancias están en milímetros

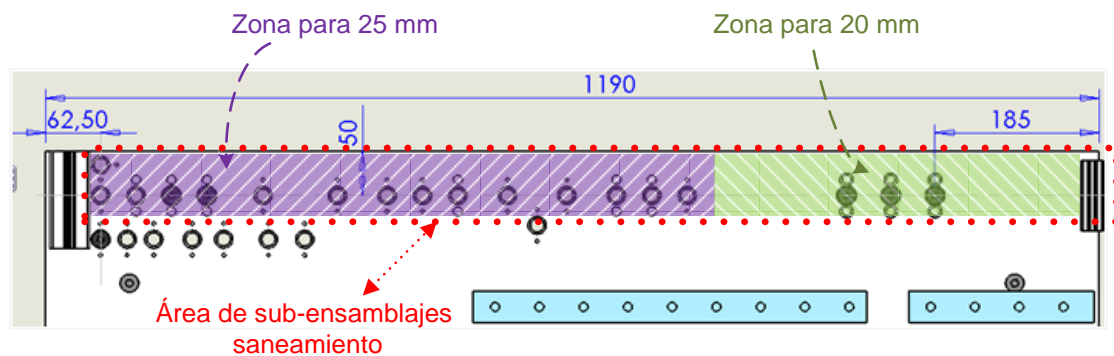


Figura V. 48: Esquema zona sub-ensamblajes saneamiento

Tanto la altura de las ventosas como la de los elementos de guiado son iguales para las dos zonas de pre-ensamblaje de saneamiento. En el caso de las alturas de las ventosas, en ambos casos viene determinada por los racores. En la de 25 está restringida por el tamaño de los racores en raspo encima de la mesa, el agujero de entrada al racor y el del tubo deben ser concéntricos.

Mientras que en el caso de los tubos de 20 mm, está restringida por el pie del codo terminal, e igualmente por dicha concetricidad entre orificios. Esto quiere decir que el tubo podría estar más bajo, pero el racor lo impiden.

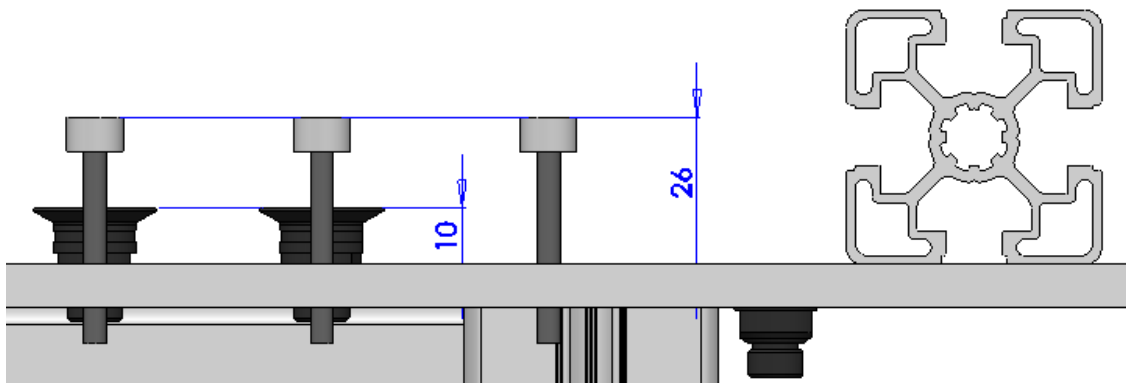


Figura V. 49: Altura de los elementos para sub-ensamblaje de 25mm

Como se verá a continuación la idea y el método utilizados en ambos sub-ensamblajes es similar, simplemente cada uno está adaptado a aportar rigidez a su sub-ensamblaje. Este método será siempre el de fijar un tubo mediante una serie de ventosas de aspiración y el sistema de guiado. A continuación con el primer elemento fijado se ensamblan el resto.

Se pre-ensamblan tres tipos de sub-ensamblajes (A, B y C) en la zona adaptada a los tubos de 25 mm de diámetro y uno (D) en la zona adaptada a los tubos de 20mm:

- Módulo A: Se trata de un sub-ensamblaje de los siguientes elementos encajados por este orden: tubo200-te-tubo200-te-tub200-codo. Es el único sub-ensamblaje con más de dos elementos.
- Módulo B. Es un sub-ensamblaje de un tubo de 300 mm y un codo.
- Módulo C. El que usa los tubos de mayor longitud, el sub-ensamblaje será: un tubo de 450 mm con un reductor.
- Módulo D. El único sub-ensamblaje que utiliza tubos de 20 mm. Tiene la dificultad de que la dimensión de sus tubos es bastante grande (400 mm) dada la flexibilidad del material de los tubos de 20 mm.

En la siguiente figura se muestra detalladamente la zona de pre-ensamblaje de 25 mm y los diferentes módulos que se sub-ensamblan en ella.

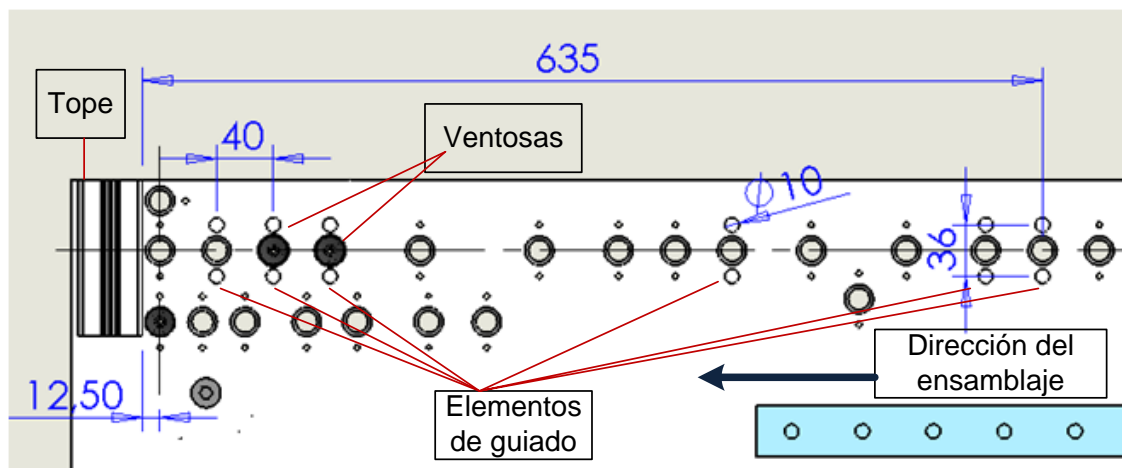


Figura V. 50: Distribución elementos zona de sub-ensamblaje de 25mm

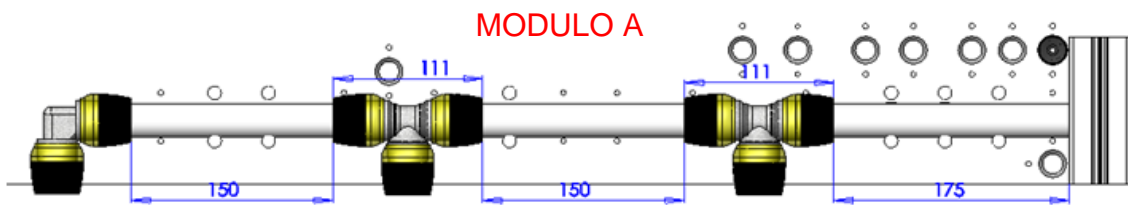


Figura V. 51: Visión sub-ensamblaje módulo A

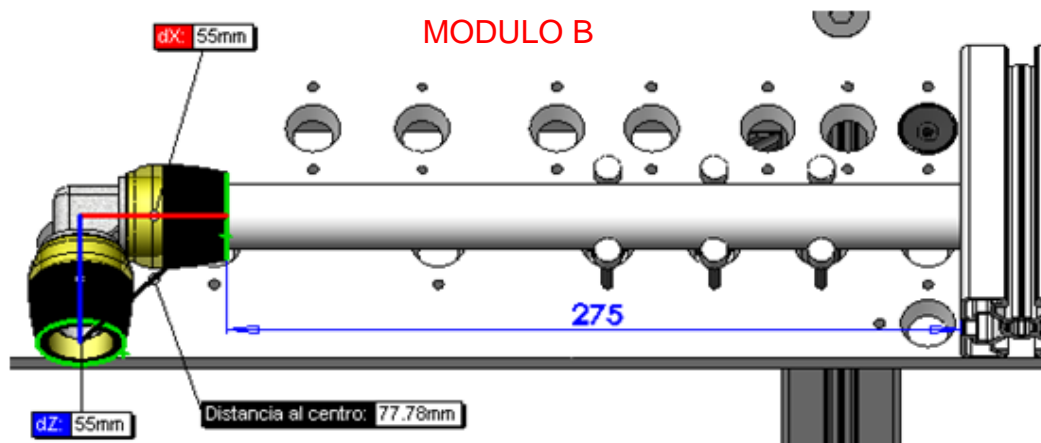


Figura V. 52: Visión sub-ensamblaje módulo B

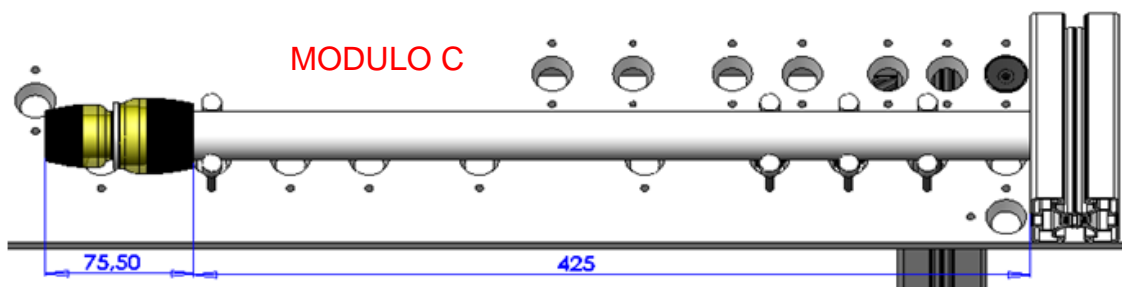


Figura V. 53: Visión sub-ensamblaje módulo C

A continuación se muestra en detalle la imagen con la zona de pre-ensamblaje de 20 mm y el módulo D, que se sub-ensamblan en ella.

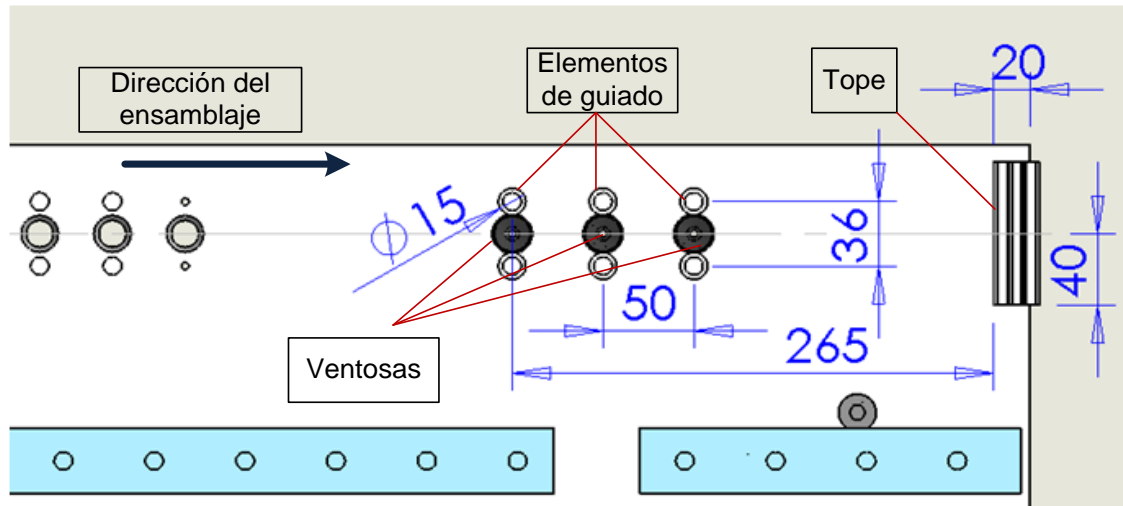


Figura V. 54: Distribución elementos de sub-ensamblajes de 20mm

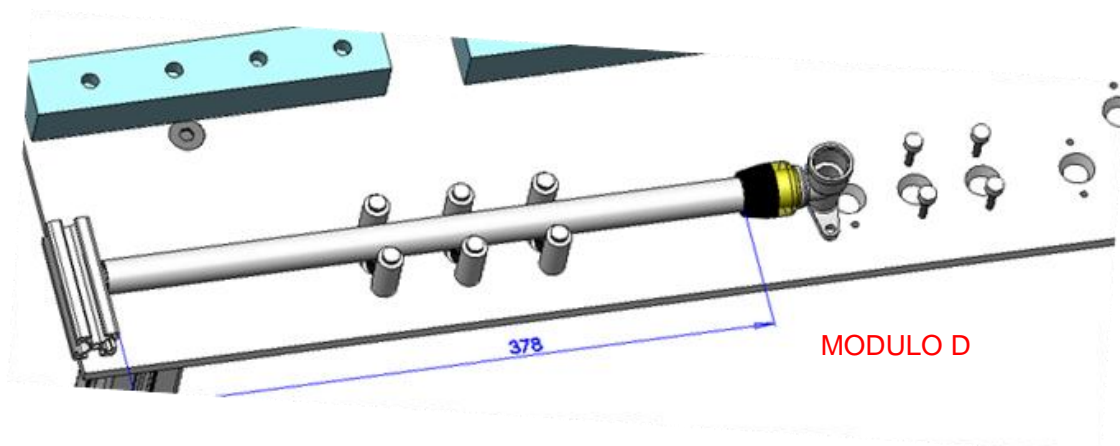


Figura V. 55: Visión sub-ensamblaje D

Como se puede comprobar en las figuras anteriores las distancias que dejan los registros de guiado entre si es de 26 mm en un caso y 21 mm en otro, en vez de 25 mm y 20 mm, que son la medida de los tubos. Esto se produce porque teniendo una gran rigidez conviene una pequeña tolerancia (1mm total, 0,5 por cada lado), en los raíles de guiado, ya que el diámetro de los tubos suele variar por zonas y por las condiciones ambiente.

5.1.3 Diseños realizados para el área de trabajo

Como ya se ha comentado con anterioridad, en esta área, es donde se realizarán los distintos trabajos de mecanizado y ensamblado. Al igual que el área anterior, consiste en una mesa formada por una estructura de perfil extruido con una plancha encima que da soporte a los elementos de sujeción para las piezas a mecanizar, y a los sistemas de sujeción y guiado para los ensamblajes. Los sistemas de sujeción para ambos trabajos consisten en ventosas que sujetan el material a la mesa, al igual que ocurría en la área de sub-ensamblajes. A continuación se muestra una lista con todos los diseños realizados, destacando los que corresponden con este proyecto fin de carrera:

- **Diseño mecánico de la estructura.**
- Diseño de el sistema de guiado y sujeción para los ensamblajes.
- **Diseño de los sistemas de sujeción para los elementos a mecanizar.**
- Circuito neumático.

5.1.3.1 Diseño mecánico de la estructura

La estructura mecánica para el área de trabajo sigue la misma filosofía que la estructura ya vista en el área de almacén. La estructura en este área es el dispositivo físico o soporte donde se llevaran a cabo las operaciones finales de ensamblado y las principales de mecanizado. Esta mesa o soporte mecánico consiste esta constituido por dos elementos:

- Una **estructura de perfil extruido** de sección 45x45 mm apoyada sobre cuatro patas de goma regulables gracias a las cuales se proporciona la altura adecuada. Resulta una estructura fácil de montar o modificar, rígida y con un coste reducido.
- Una **plancha metálica de aluminio**, de gran facilidad de mecanizar. Diseñada específicamente y realizada mediante corte laser para el uso adecuado de ventosas de vacío. En este caso se dispone de una zona integra para el mecanizado, corte y fresado.

- El chasis de la mesa formado por barras de perfil extruido de sección 45x45mm, se muestra en la siguiente imagen. Las dimensiones están en mm y son 1190x907x507,5. Para ello se unen los perfiles de Nikai mediante escuadras y tornillos especiales de fijación fácil. Se apoya en el suelo con unas terminaciones en goma que se ajustan para nivelar la mesa mediante un sistema de roscas.

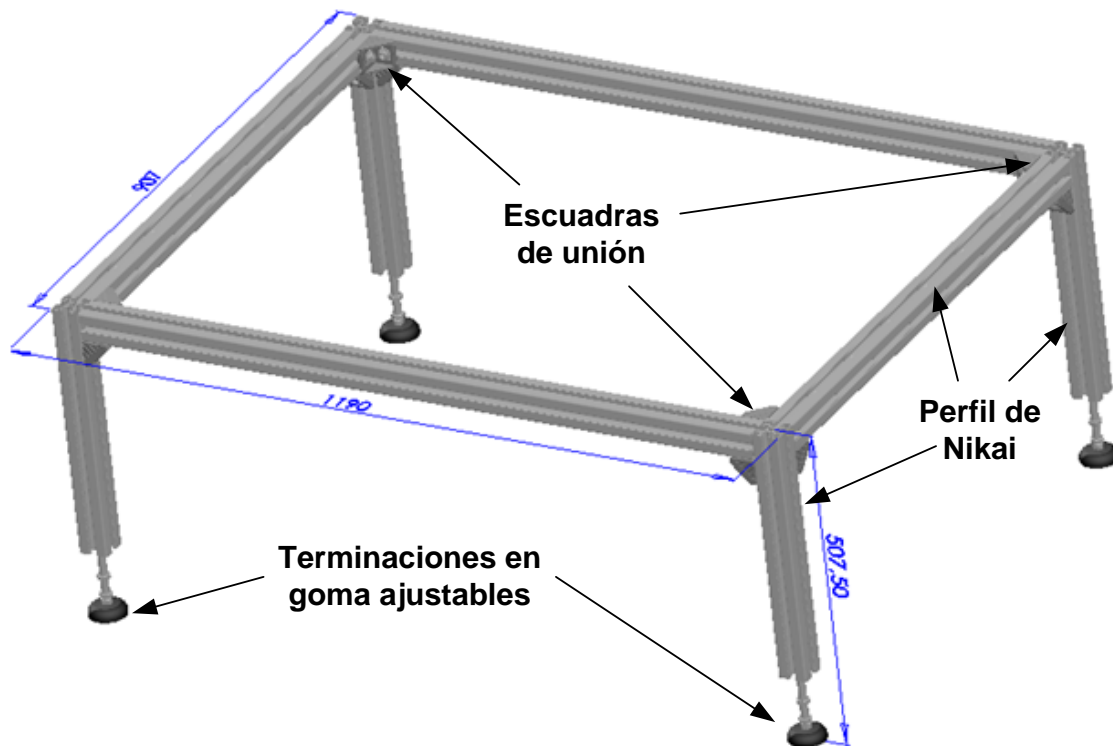


Figura V. 56: Estructura mecánica área de trabajo

- Por otro lado la forma y dimensiones de la plancha de aluminio se especifican a continuación. Los orificios para las ventosas de aspiración. Estos orificios siempre tienen dos agujeros roscados a ambos lados del principal, para el anclaje de las ventosas a la altura necesaria. Como se puede ver el tablero quedara totalmente inscrito sobre el chasis menos en un lateral. Este lateral será el más cercano al robot y de esta forma se proporciona un ala en la mesa para así tener más superficie útil en la mesa al alcance del robot. Las dimensiones están en mm:

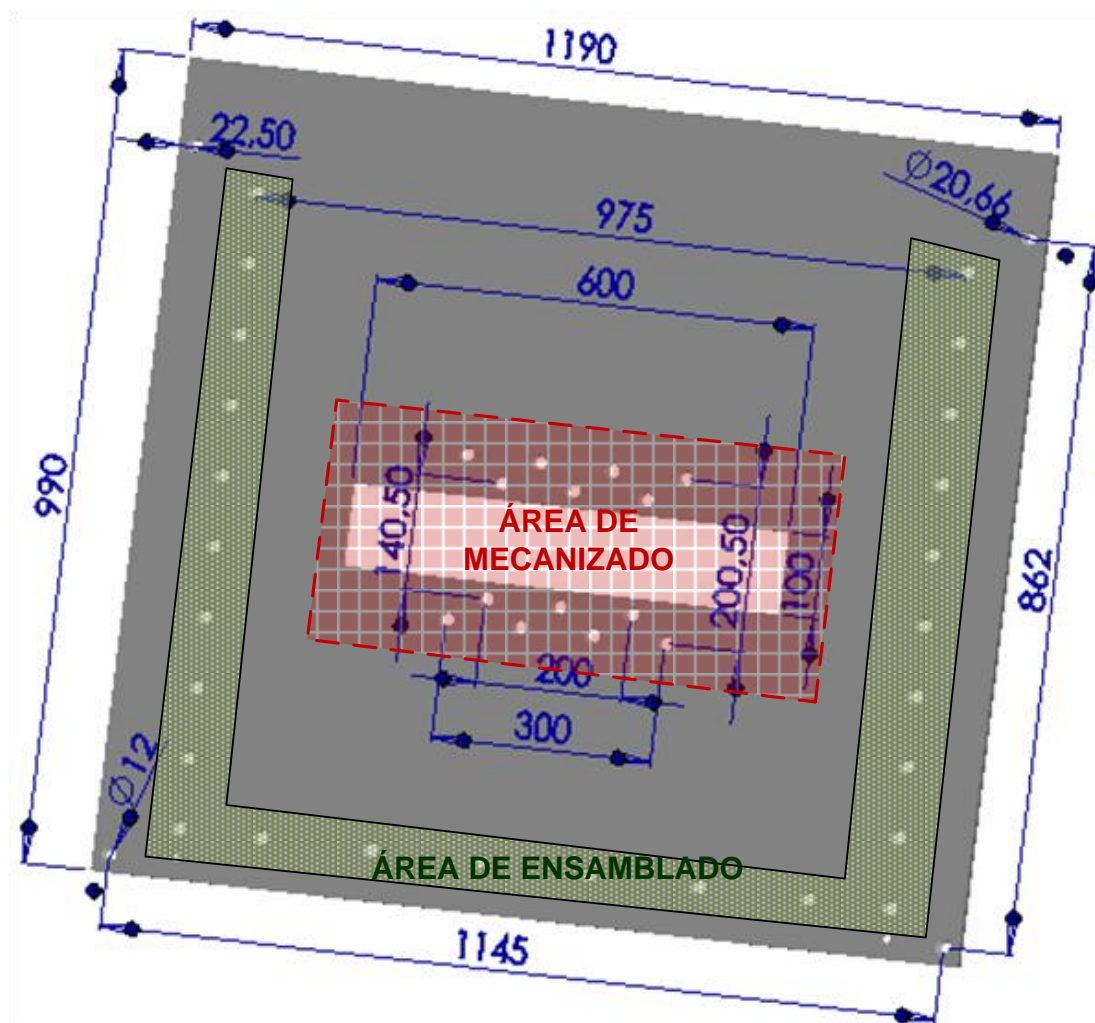


Figura V. 57: Tablero del área de trabajo

El chasis y el tablero están unidos mediante el roscado del orificio interno de los perfiles de aluminio, proporcionando unos agujeros para tornillos M12.



Figura V. 58: Anclaje estructura del área de trabajo

Como ya se comentó anteriormente, el chasis está anclado a la base del robot mediante unas escuadras de acero. Estas escuadras de acero por un lado se atornillan de una forma fácil al perfil de las patas, y por otro lado están soldadas a la base del robot. La posición de la mesa en la estación es la siguiente:

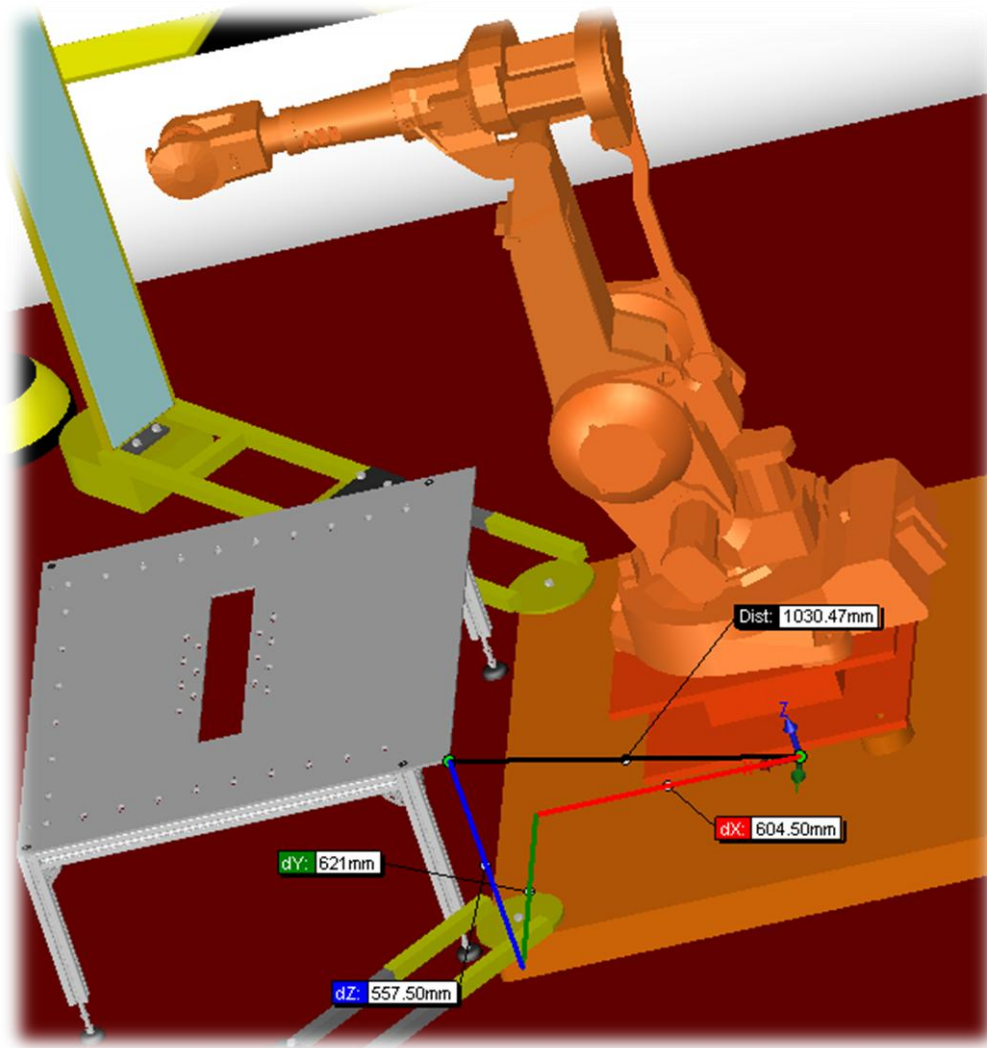


Figura V. 59: Situación de la estructura de trabajo en la estación

La distancia se toma con respecto al origen de coordenadas situado en el suelo de la estación. De esta manera resulta más sencillo calcular cotas para determinar los puntos a los que se debe dirigir el robot. Las distancias a la esquina de la mesa son:

- X: 604,5 mm
- Y: 621mm
- Z: 557,5 mm
- Distancia normal: 1030,47 mm

5.1.3.2 Diseño del sistema de sujeción para el área de mecanizado

Para los procesos de mecanizado, como fresado o corte, se ha provisto al diseño del tablero de una forma específica. Dicha forma integra ventosas de aspiración de tal forma que se puede realizar estos de procesos de forma complementaria:

- Corte lineal: Debido al hueco de forma rectangular entre el diseño de las ventosas, se puede anclar la baldosa a cortar mientras se corta en dos. Esto resulta útil para pasar de baldosas de 800x400 a las de 400x400 que se mecanizan.
- Fresado, engloba procesos como planeado, ranurado o fresado frontal. Depende del útil que se utilice en el extremo. Dependiendo de si las pasadas para el mecanizado son únicamente superficiales o no, puede ser necesario el uso de una sufridera entre la pieza y las ventosas.

La altura entre la superficie del tablero y de la baldosa es de 20 mm. Como el grosor de la baldosa es de 10 mm, la altura de las ventosas será de otros 10 mm. Un ejemplo de uso para las baldosas, como se expone en el Capítulo II es el siguiente:

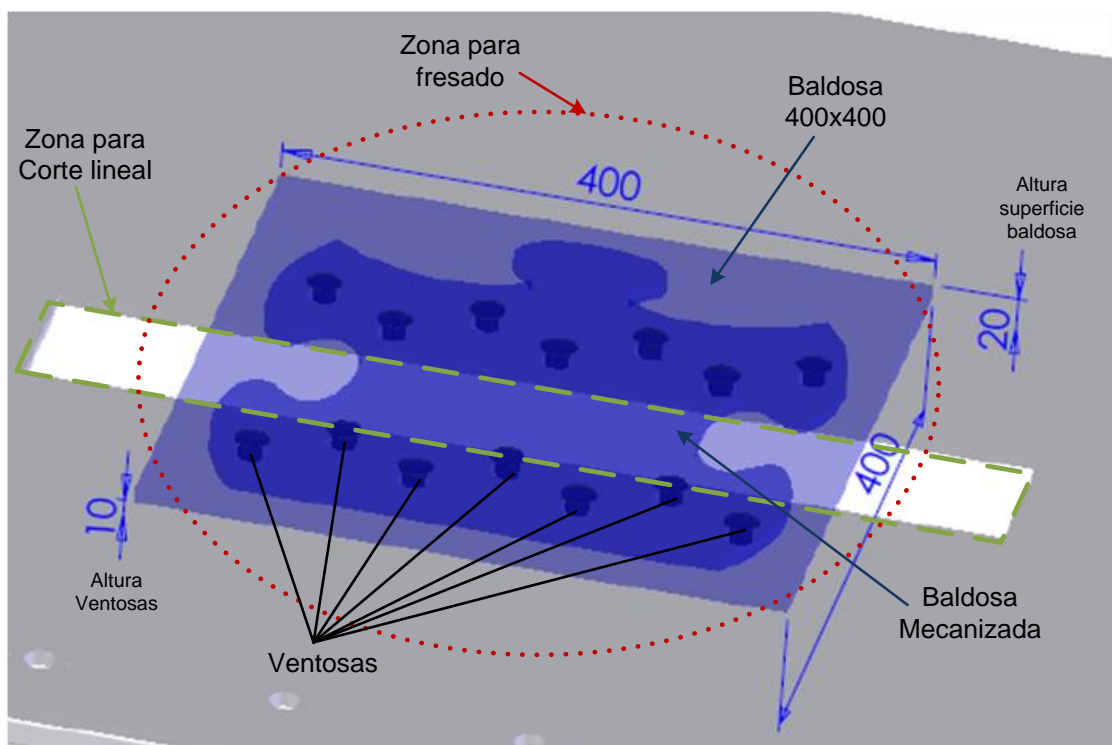


Figura V. 60: Sistema de sujeción zona de mecanizado

5.2 Diseño software.

En este apartado se describe el diseño software realizado para la creación de una célula virtual que simule los procesos necesarios para ensamblar y mecanizar los productos vistos en el Capítulo IV. A continuación se muestra una lista de dichos procesos destacando los que dentro del alcance de este Proyecto fin de Carrera:

- Proceso auxiliar de cambio de herramienta.
- Proceso de ensamblado del módulo de aguas.
 - Proceso de ensamblado del bastidor.
 - **Proceso de ensamblado del sistema de saneamiento.**
- Procesos de mecanizado de baldosas.
 - Mecanizado de piezas grandes.
 - **Mecanizado de piezas pequeñas.**

Para la creación de dicha célula virtual, primero es necesario realizar el diseño CAD de todos los componentes relevantes que intervienen en los procesos. Esta tarea ha sido realizada mediante una herramienta software de diseño llamada SOLIDWORKS.

Una vez que se dispone de los gráficos necesarios, mediante la herramienta de simulación ROBOTSTUDIO que ABB desarrolla para sus robots industriales, se podrán simular todos los procesos antes de realizar la puesta en marcha en el robot real.

5.2.1 Introducción al desarrollo de estaciones de trabajo virtual

Bajo la presión de la producción de nuevos modelos en menos tiempo y con una mayor calidad, los diseñadores de estaciones de trabajo industrial recurren a nuevas técnicas de desarrollo como la simulación virtual. La validación de los diseños de las instalaciones robotizadas antes de su implantación física proporciona un gran ahorro de tiempo y dinero. En este PFC se utilizan técnicas que constituyen los últimos avances en la programación robótica, que proporcionan grandes ventajas, como la reducción del tiempo en la instalación, mayor seguridad de los operarios y la generación de programas para el robot, permitiendo optimizar y minimizar los tiempos de ciclo de tareas. Para ello se utilizan herramientas de diseño y simulación.

Las herramientas que se utilizan son complementadas con bibliotecas de modelos de robot para la simulación de la célula robótica, se emplea el software ABB robotics, el cual cuenta con los aditamentos necesarios para la simulación de una estación de trabajo. RobotStudio nos permite realizar la simulación del robot en el ciclo de trabajo que desempeñara en la realidad, así como la solución de problemas que se pueden encontrar en su implementación, lo cual dará una idea cercana a la realidad en cuanto a la distribución física de la estación y la interacción entre los dispositivos.

El desarrollo de las herramientas CAD (Computer Aided Design) ha influido decisivamente en el desarrollo de herramientas de simulación facilitando así los estudios previos a la instalación: selección de robot, distribución de máquinas, depuración de trayectorias, etc. La herramienta y funciones de RobotStudio para simulación nos ayudaran a alcanzar nuestros objetivos. RobotStudio es un simulador en 3D para programación fuera de línea (off – line) de robots ABB. Se pueden crear programas en lenguaje RAPID, modificar los existentes y simular el comportamiento del robot en 3D de forma virtual tan real como uno precise.

Como primer objetivo trataremos de conseguir la distribución física de los elementos dentro de la célula. Para este punto es de gran ayuda el ambiente grafico de RobotStudio para prevenir colisiones y aprovechar espacios de trabajo. De esta forma cuanto más exacto sea el diseño físico de toda la estación mayor será la similitud respecto al sistema real. Hay que tener en cuenta que con la tecnología disponible en robots de nueva generación, el grado de exactitud queda limitado por el sistema físico real, ya que los robots disponen de una gran precisión.

El siguiente punto es conseguir la programación de rutinas de movimiento del robot. Hay que tener en cuenta que el robot utiliza un lenguaje RAPID para la asimilación de instrucciones. La programación a grandes rasgos se realiza gracias al entorno gráfico de RobotStudio y sus utilidades. De esta forma se realiza la programación de las rutinas de movimiento del robot directamente, de forma virtual. Luego únicamente es necesario la transferencia del las rutinas de movimiento del programa RobotStudio a al robot

5.2.2 Diseño CAD de los componentes de la célula

CAD (*computer-aided design*, diseño asistido por computador), consiste en usar un ordenador para diseñar productos, permitiendo a los usuarios elaborar modelos tridimensionales con características físicas como peso, volumen y centro de gravedad. Para la realización de la célula de ensamblaje y mecanización se pueden utilizar diversos programas de diseño en 3D, como por ejemplo el SolidWorks, más concretamente la versión 2008.

Hay que destacar que todos los diseños físicos realizados en el apartado de diseño hardware han sido realizados mediante la ayuda de dicha herramienta. Para la mayoría de los componentes comerciales que contiene la célula robotizada, los fabricantes proporcionan sus modelos CAD, lo que ha facilitado notablemente este trabajo. No obstante, al igual que sucede en la realidad, dichos componentes hay que ensamblarlos para crear los componentes finales específicos de nuestra célula robotizada. De esta forma se obtiene los diferentes elementos en 3D, como la célula de seguridad, la peana sobre la que se apoya el robot, los soportes para las diferentes áreas, las herramientas de trabajo y el material utilizado. Todos los elementos se incorporan al entorno gráfico de RobotStudio ya sea de forma individual, material o herramientas, o colectiva como la estación virtual. Por último el robot se importa de la biblioteca, de esta forma el entorno gráfico ya se encuentra disponible en la aplicación.

Por otro lado, el presente Proyecto Fin de Carrera ha desarrollado los modelos de los diseños físicos y los ensamblajes realizados en el apartado de diseño hardware, además de los modelos de los materiales involucrados en los procesos que ha realizado. A continuación se muestran los modelos CAD completos de los componentes de la célula, ya que en el apartado siguiente serán necesarios para describir las simulaciones de los procesos.

- **Estación**

La estación es el modelo CAD visto en la figura siguiente. Engloba todos los sistemas de la célula que no van a ser movidos por el robot como el área de trabajo, los almacenes tanto de material como de herramientas y la base del robot. Además, se han desarrollado otros modelos que carecen de importancia para la simulaciones cuya única función es la de mejorar su aspecto.

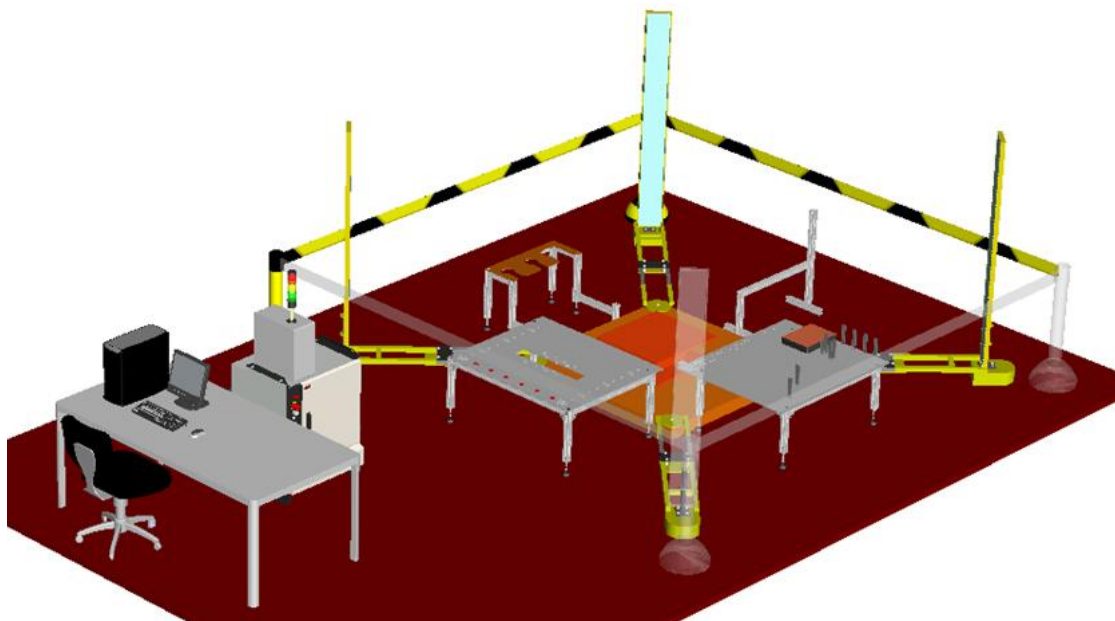


Figura V. 61: Modelo CAD de la estación.

- **Herramientas**

En la siguiente figura se muestran los modelos CAD tanto de las herramientas como del plato maestro que habrá que fijar a la muñeca del robot:

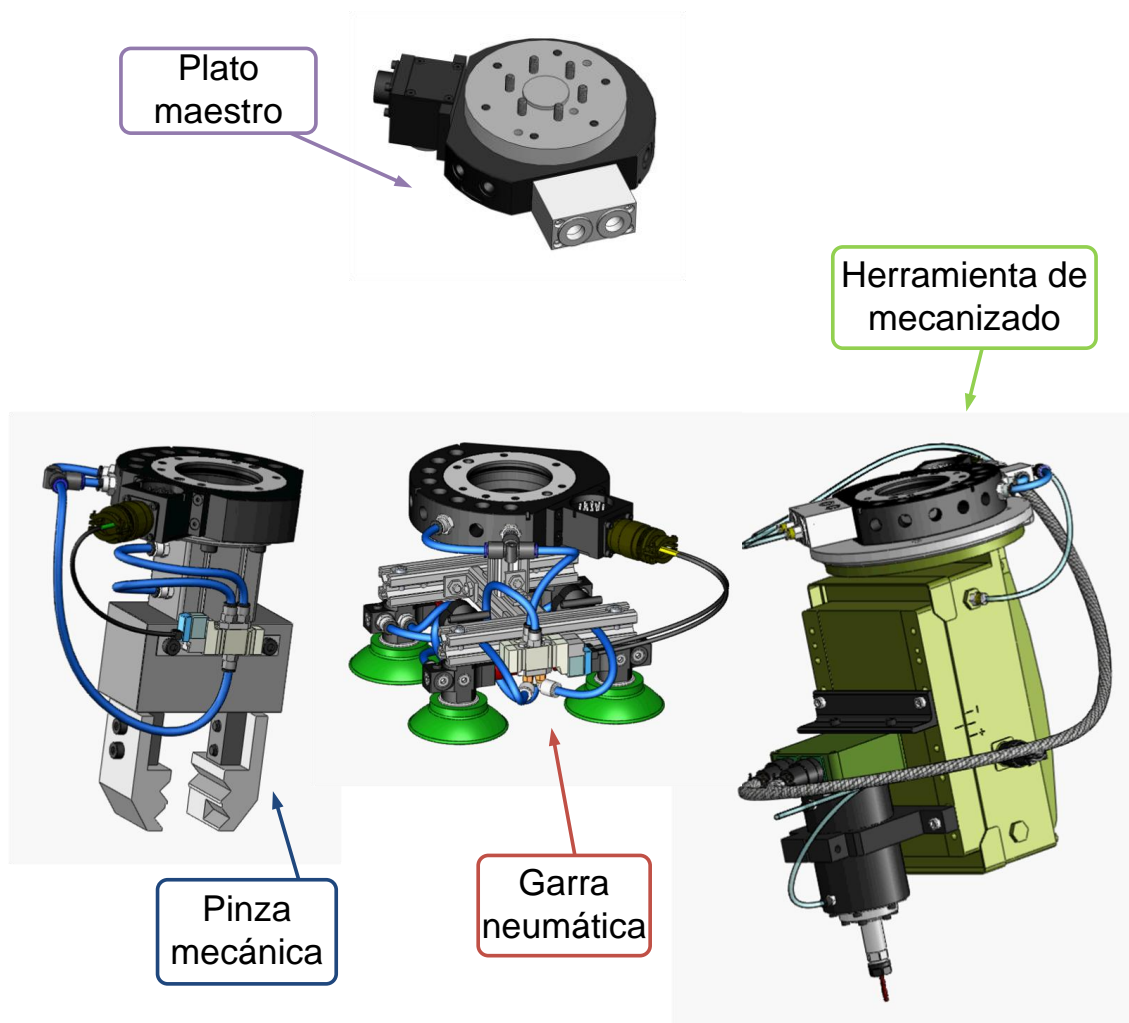
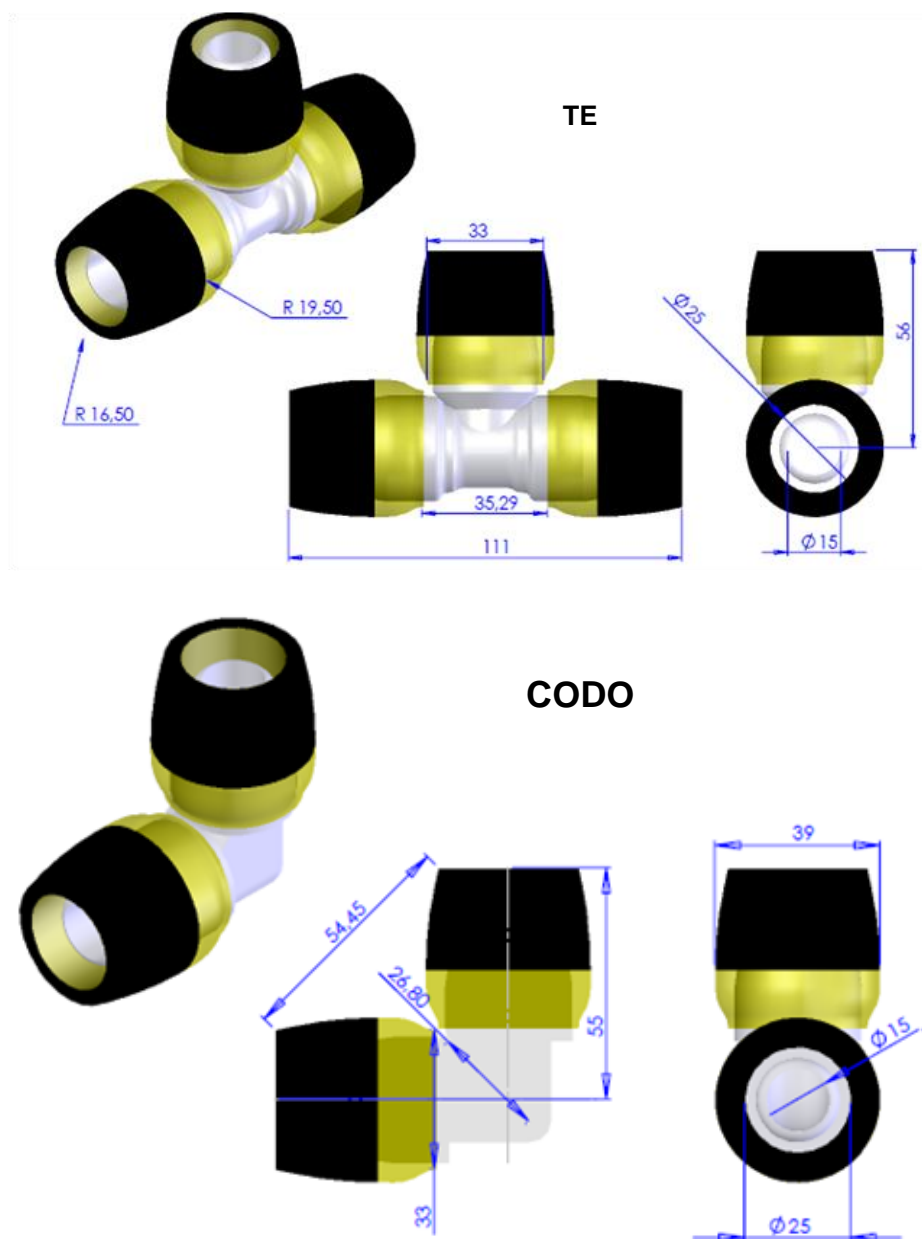


Figura V. 62: Modelos CAD de las herramientas.

- **Material**

En la siguiente imagen se muestran los modelos CAD de los materiales utilizados en los procesos realizados por este Proyecto Fin de Carrera. Todos los materiales de saneamiento han sido diseñados en CAD, para ellos se ha debido realizar la calibración de los mismos, debido a la ausencia de medidas. Como se verá más adelante es necesario realizar los modelos CAD de las baldosas con las formas deseadas que se quieren lograr con el mecanizado. Las tuberías no se exponen dada su fácil construcción. Los modelos de los racores son los siguientes:



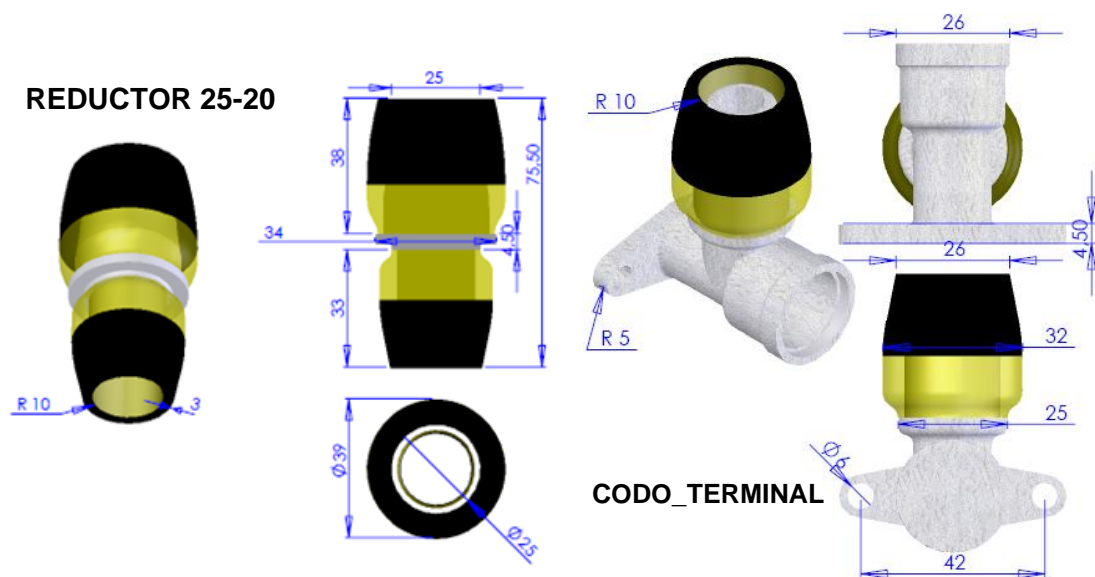


Figura V. 63: Creación racores saneamiento en CAD

Las abrazaderas también se han reproducido en 3D. Para ello se ha debido acotar los modelos reales. Hay dos tipos de abrazaderas, para amarrar tubos de 20 y de 25, de esta forma los modelos serán parecidos pero no iguales.

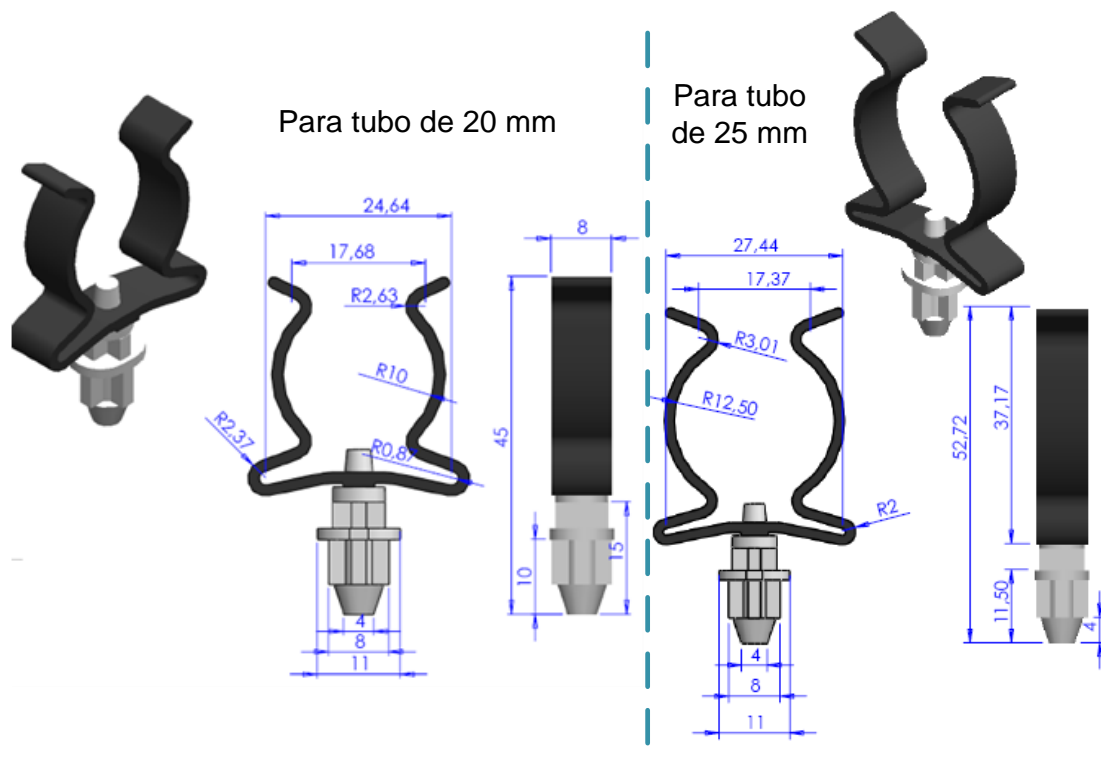


Figura V. 64: Creación abrazaderas para saneamiento en CAD

Para el mecanizado de las piezas pequeñas se han diseñado 30 piezas sin ningún tipo de simetría en CAD. Se utilizan posteriormente en la obtención de la trayectoria en RobotStudio. Las disposiciones de la totalidad de las piezas se puede observar en el Capítulo III. El mecanizado del puzle en general se realizara por sectores, sacando de cada sector cuatro baldosas individuales. Un ejemplo del sector 5-6-9-10 es el siguiente:

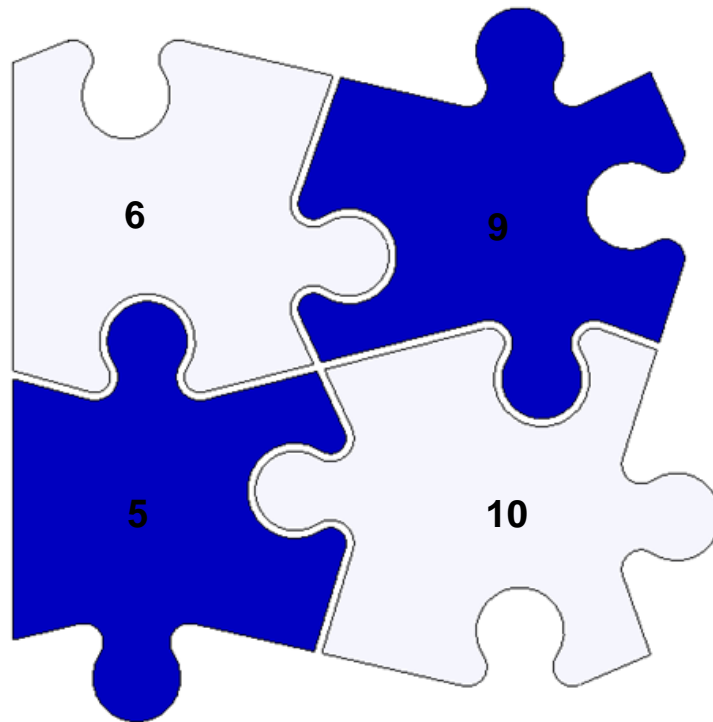


Figura V. 65: Sector de piezas pequeñas en CAD

De tal forma que las piezas individualmente tienen los siguientes contornos:

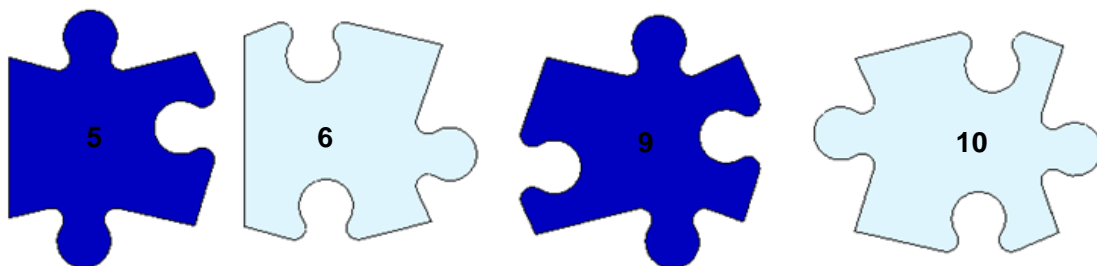


Figura V. 66: Piezas pequeñas 5-6-9-10

5.2.3 Implementación de la célula robotizada en RobotStudio

En este apartado se van a resumir los aspectos más importantes necesarios para la creación de una célula robotizada virtual en un ordenador mediante la herramienta software ROBOTSTUDIO. La versión de dicho software empleada es la 5.11 que corresponde con los nuevos controladores IRC5 de ABB.

Los pasos necesarios para el funcionamiento de la célula virtual son: colocación de elementos, definición de datos de programa, creación de puntos y trayectorias, creación de programas RAPID y simulación. Estos pasos se detallan a continuación en los siguientes apartados.

5.2.3.1 Colocación de los componentes de la célula.

Para la colocación de los componentes primero es necesario importar los modelos CAD de dichos componentes, lo cual se realiza mediante la opción del programa “importar librería” para el robot, e “importar geometría” para el resto de los componentes. Esta diferencia se debe a que el robot no es una geometría rígida. Para colocarlos simplemente hay que seleccionar el elemento deseado, y mediante la opción “buscar original” colocamos su origen de coordenadas donde corresponda dando las coordenadas “xyz” correspondientes con respecto al sistema de referencia del mundo. Dicho sistema es el origen de coordenadas de la célula virtual implementada en ROBOTSTUDIO. Los elementos involucrados en la célula son los que se han mostrado en el apartado anterior.

- **Estación**

La estación no necesita ser desplazada ni girada en ningún sentido. En la siguiente figura podemos ver la estación importada y colocada en la célula virtual:

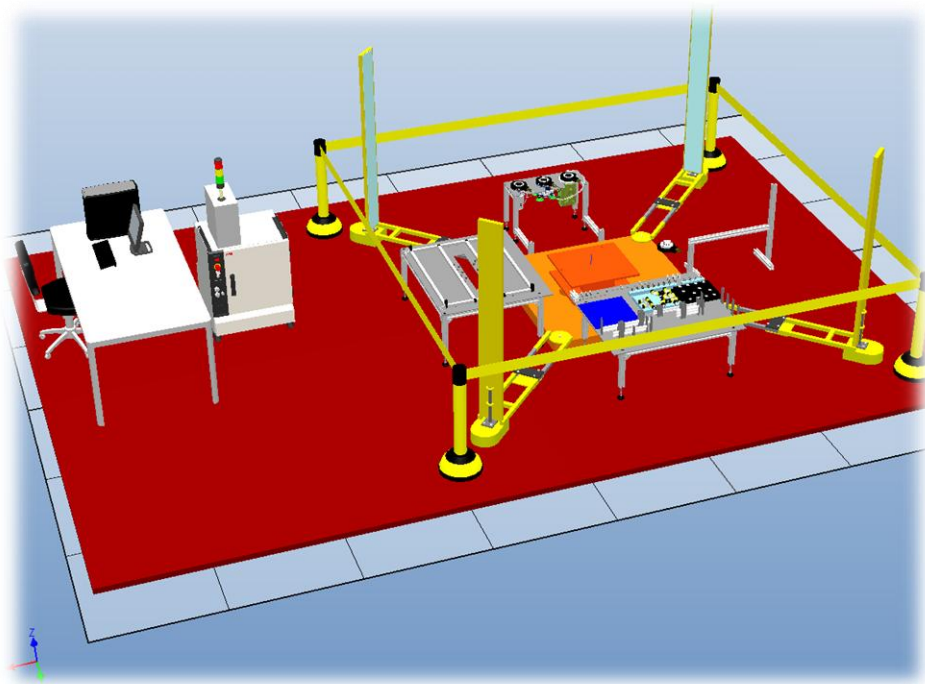


Figura V.67: Colocación de la estación en Robotstudio.

- **Robot**

El modelo CAD del robot es proporcionado por el propio programa ROBOTSTUDIO. Como ya se sabe se trata de un modelo IRB2400-16, el cual va ligado a un controlador virtual, de la misma manera que ocurre con el robot y el controlador real. La colocación del robot en la célula consiste únicamente en desplazarlo en el eje z una distancia igual a la de la base del robot de 345mm. En la siguiente imagen se ve la colocación del robot en la célula:

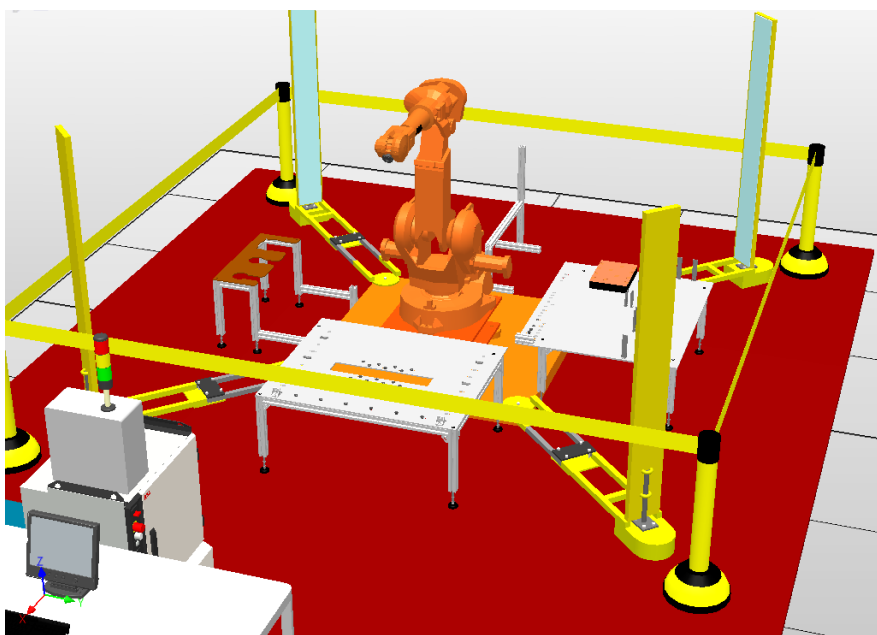


Figura V.68: Colocación del robot en Robotstudio.

- **Herramientas**

Primero, para poder utilizar las herramientas, es necesario importar y fijar a la muñeca del robot el plato maestro. Para ello se crea una herramienta para el robot y se sitúa el plato maestro a 46 mm del tool0 como se puede ver en la siguiente imagen:

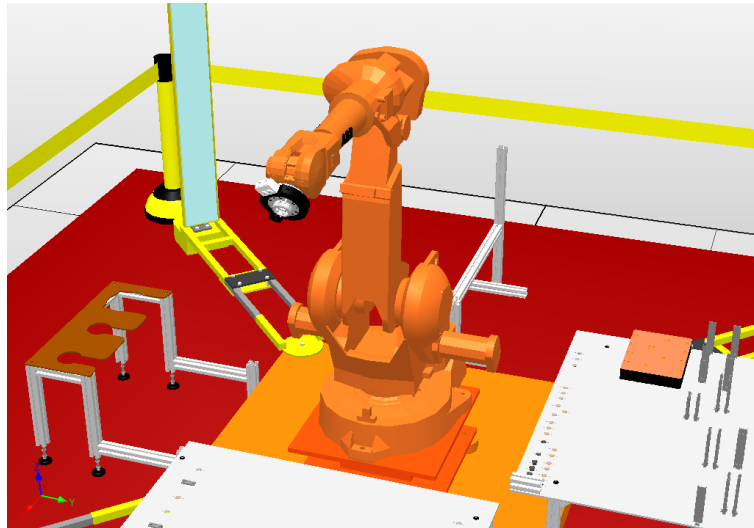


Figura V.69: Colocación del plato maestro en Robotstudio.

Tabla V. 30: Posición del MasterPlate respecto del tool0

POSICION DEL MASTERPLATE						
Nombre	Posición TCP (mm)			Giro (°)		
	x	y	z	x	y	Z
Master_Plate	0	0	46	180	0	0

Las herramientas deben ser colocadas sobre la mesa de herramientas en las posiciones correspondientes vistas en el capítulo de diseño hardware. Las posiciones de cada herramienta con respecto al mundo son:

Tabla V. 31: Posición de las herramientas

POSICIONES DE LAS HERRAMIENTAS						
Nombre	Posición TCP (mm)			Giro (°)		
	x	y	z	x	Y	z
Pinza mecánica	200	-1305	587	180	0	90
Garra neumática	-50	-1305	587	180	0	90
Herramienta mecanizado	-300	-1305	564	180	0	90

La imagen resultante es la siguiente:

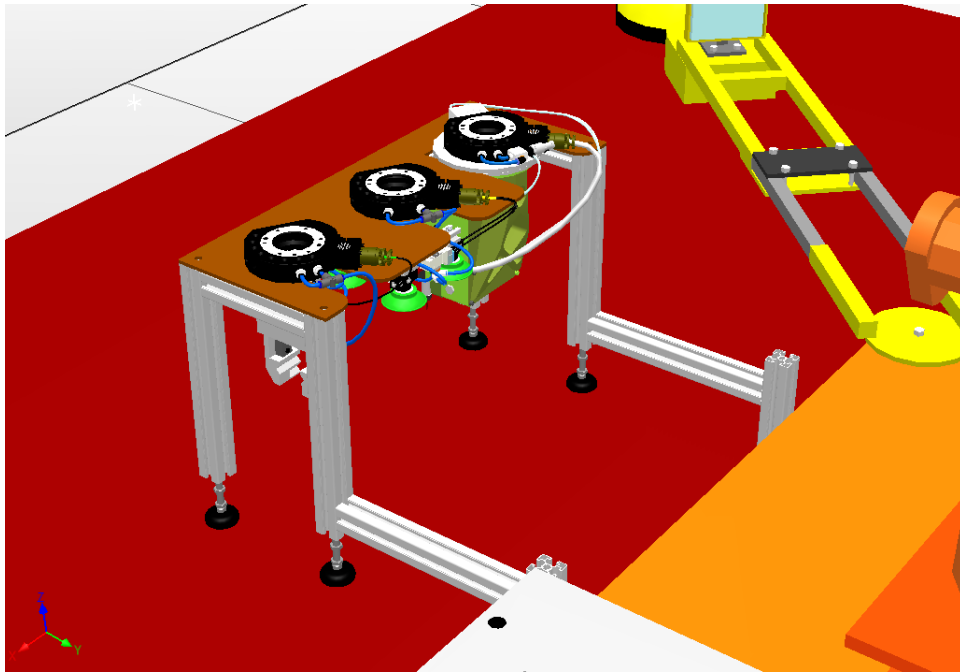


Figura V.70: Colocación de las herramientas en Robotstudio.

- **Material.**

El material involucrado en la célula robotizada virtual desarrollada por este proyecto fin de carrera corresponde, como ya se ha visto, con los elementos constituyentes del sistema de saneamiento del módulo de aguas, junto con las baldosas que se quieren mecanizar. Dichos almacenes fueron descritos en el apartado correspondiente en el capítulo de diseño hardware.

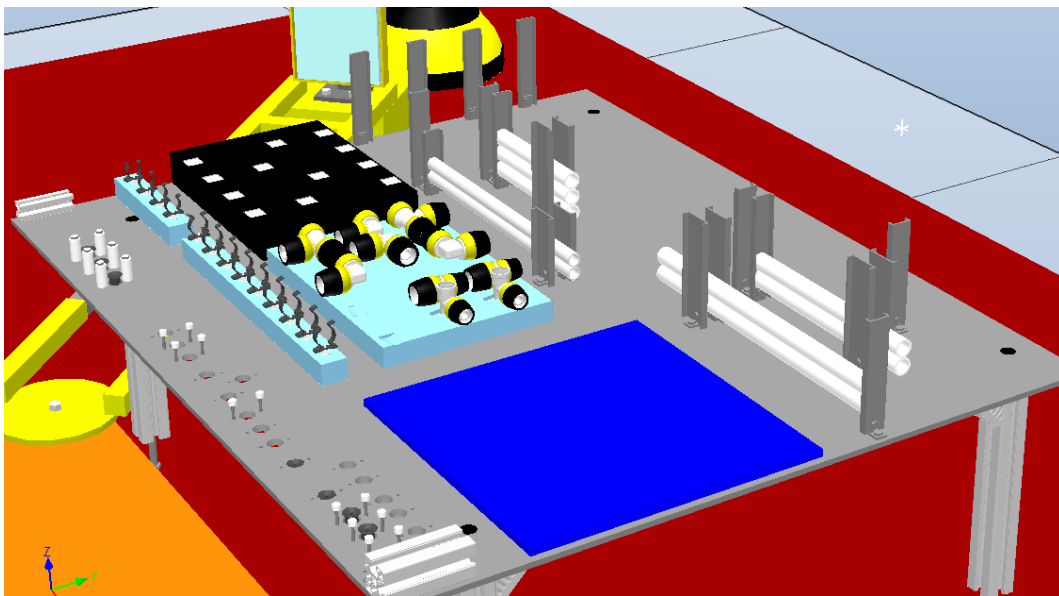


Figura V. 71: Colocación material sistema de saneamiento

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

Tabla V. 32: Posición material sistema de saneamiento

POSICION DEL MATERIAL DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO							
Nombre almacén	Nombre elemento	Posición (mm)			Giro (°)		
		x	y	z	x	y	z
TUBO 200	tub200_1	-242.5	1285	556.5	180	0	0
	tub200_2	-242.5	1285	581.5	180	0	0
	tub200_3	-242.5	1285	606.5	180	0	0
TUBO 300	tub300_1	374.5	1385	556.5	0	0	0
	tub300_2	374.5	1385	581.5	0	0	0
TUBO 450	tub450_1	-10	1287.5	556.5	0	0	180
	tub450_2	-10	1287.5	581.5	0	0	180
TUBO 400	tub400_1	-75.5	1185	554.5	0	0	90
	tub400_2	-75.5	1185	574	0	0	90
RACORES	te1	-315	867	569	0	0	180
	te2	-315	1117	569	0	0	0
	codo1	-370.5	1007	569	0	0	90
	codo2	-199.5	867	569	0	0	0
	codo3	-199.5	1117	569	0	0	0
	codo4	-271.5	952	569	0	0	180
	Reductor1	-110.5	1117	566	0	0	180
	Reductor 2	-110.5	1035	566	0	0	180
	Codo_fin_1	-20.5	1068	566	0	0	-90
	Codo_fin_1	-20.5	987	566	0	0	180
Abrazaderas para tubo de 25 mm	Abraz25_1	-45.5	799	544	90	0	90
	Abraz25_2	-95.5	799	544	90	0	90
	Abraz25_3	-145.5	799	544	90	0	90
	Abraz25_4	-195.5	799	544	90	0	90
	Abraz25_5	-245.5	799	544	90	0	90
	Abraz25_6	-295.5	799	544	90	0	90
	Abraz25_7	-345.5	799	544	90	0	90
	Abraz25_8	-395.5	799	544	90	0	90
	Abraz25_9	-445.5	799	544	90	0	90
Abrazaderas para tubo de 20 mm	Abraz20_1	-537.5	799	544	90	0	90
	Abraz20_2	-585.5	799	544	90	0	90
	Abraz20_3	-635.5	799	544	90	0	90
	Abraz20_4	-785.5	799	544	90	0	90
BALDOSAS	baldosa1	242.5	1000	524	0	0	0

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS PRINCIPALES

5.2.3.2 Datos de programa

Una vez colocados todos los elementos que forman parte de la célula robotizada, es necesario definir algunos datos de programa para el correcto funcionamiento de la simulación. Dichos datos son:

- Datos de herramienta.
- Objetos de trabajo.
- Tabla de eventos.

- **Datos de herramienta**

Una vez colocados todos los elementos que forman parte de la célula robotizada, es necesario definir algunos datos de programa para el correcto funcionamiento de la simulación.

Los Datos sirven para definir posiciones, los valores numéricos (registros, contadores) y los sistemas de coordenadas, etc. Los datos podrán ser modificados manualmente, aunque también pueden ser cambiados por el programa, por ejemplo, para volver a definir una posición o para actualizar un contador. Una instrucción sirve para definir una acción específica que debe ocurrir cuando se ejecuta la instrucción; por ejemplo, mover el robot, activar una salida, cambiar los datos o realizar un salto adentro del programa. Durante la ejecución del programa, las instrucciones se ejecutan una a una y siguiendo el orden en que han sido programadas.

En primer lugar, se van a definir los datos de herramienta para todas las herramientas involucradas. Los datos de herramienta son una variable de programa RAPID llamada Tooldata, la cual almacena información de la herramienta correspondiente. Dicha información consiste en: las coordenadas del punto de trabajo (TCP) y del centro de gravedad (CDG) de la herramienta respecto de la muñeca del robot (tool0) y su peso. En la siguiente tabla, y posteriormente en la siguiente imagen, se pueden ver los datos de herramienta para las tres herramientas implementadas más otro correspondiente al robot únicamente con el plato maestro, es decir sin herramienta acoplada:

Tabla V.1: Datos de herramienta.

DATOS DE HERRAMIENTA													
Nombre	TCP						CDG						Peso
	Posición (mm)			Giro(°)			Posición (mm)			Giro(°)			(kg)
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	
Plato maestro	0	0	46.18	0	0	0	0	0	20	0	0	0	2
Pinza mecánica plana	0	15	304.18	0	0	0	0	0	150	0	0	0	5
Pinza mecánica curva	0	0	292	0	0	0	0	0	150	0	0	0	5
Garra neumática	0	0	215.18	0	0	0	0	0	100	0	0	0	4.5
Herramienta mecanizado	-139.85	0	456.18	0	0	0	50	0	200	0	0	0	16.5

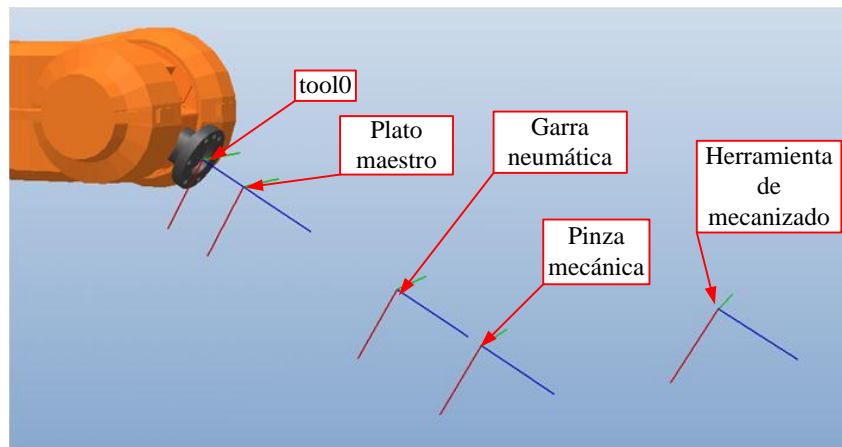


Figura V.72: Datos de herramienta.

- **Objetos de trabajo**

En segundo lugar, aun no siendo necesarios, se definen los objetos de trabajo para una mayor claridad a la hora de crear puntos en la célula. Los objetos de trabajo son otra variable de programa RAPID llamada workobjet que crea un sistema de coordenadas utilizado para describir la posición de una zona de trabajo. Todas las posiciones que se programen serán relativas a la base de coordenadas del objeto workobjet, que a su vez es relativa a la base de coordenadas del mundo. Estos objetivos workobet permiten referenciar a su vez los puntos a un sistema auxiliar que a su vez esta referenciado al workobjet principal. Por ejemplo los puntos del pre-ensamblaje A están encuadrados dentro del workobjet ensamblaje_módulo_A.

Sin embargo están referenciados al sistema ‘ensamblaje_módulo_A de’ que a su vez esta referenciado al workobjet principal. De esta forma resulta más sencilla la ordenación de todos los objetivos programados.

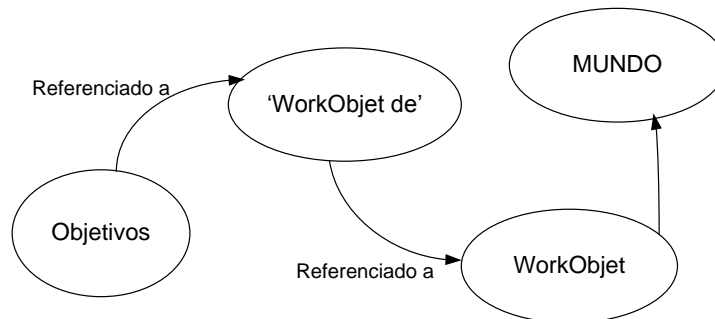


Figura V. 73: Esquema sistemas de referencia

Se han creado un total de dieciséis objetos de trabajo. En la siguiente tabla e imagen se muestra la posición que ocupan en la estación. Los objetos de trabajo están referenciados a las áreas a las que pertenecen. En la tabla los objetos de trabajo referidos al mundo para una mejor comprensión.

Tabla V. 33: Objetos de trabajo.

OBJETOS DE TRABAJO						
Nombre	Posición (mm)			Giro (°)		
	x	y	z	x	y	z
Área Almacén I	462.5	622	524	0	0	0
Ensamblaje A&B&C de	412.5	672	524	0	0	0
Área Almacén II	-727.5	622	524	0	0	0
Ensamblaje D	-707.5	672	524	0	0	0
Almacén racores	-370.5	867	554	0	0	0
Almacén abrazaderas_20	-687.5	799	554	0	0	0
Almacén abrazaderas_25	-45.5	799	554	0	0	0
Tubo_200	-242.5	1285	556.5	0	0	0
Tubo_300	374.5	1385	556.5	0	0	0
Tubo_450	-10	1287.5	556.5	0	0	0
Tubo_400	-75.5	1185	554	0	0	0
Baldosas	242.5	1000	129	0	0	0
Área Trabajo	604.5	621	565	0	0	0
Paq_Mod A&B&C&D	604.5	621	565	0	0	0
Corte	1144.5	21	175	0	0	90
Almacén Herramientas	300	-1155	155	0	0	180

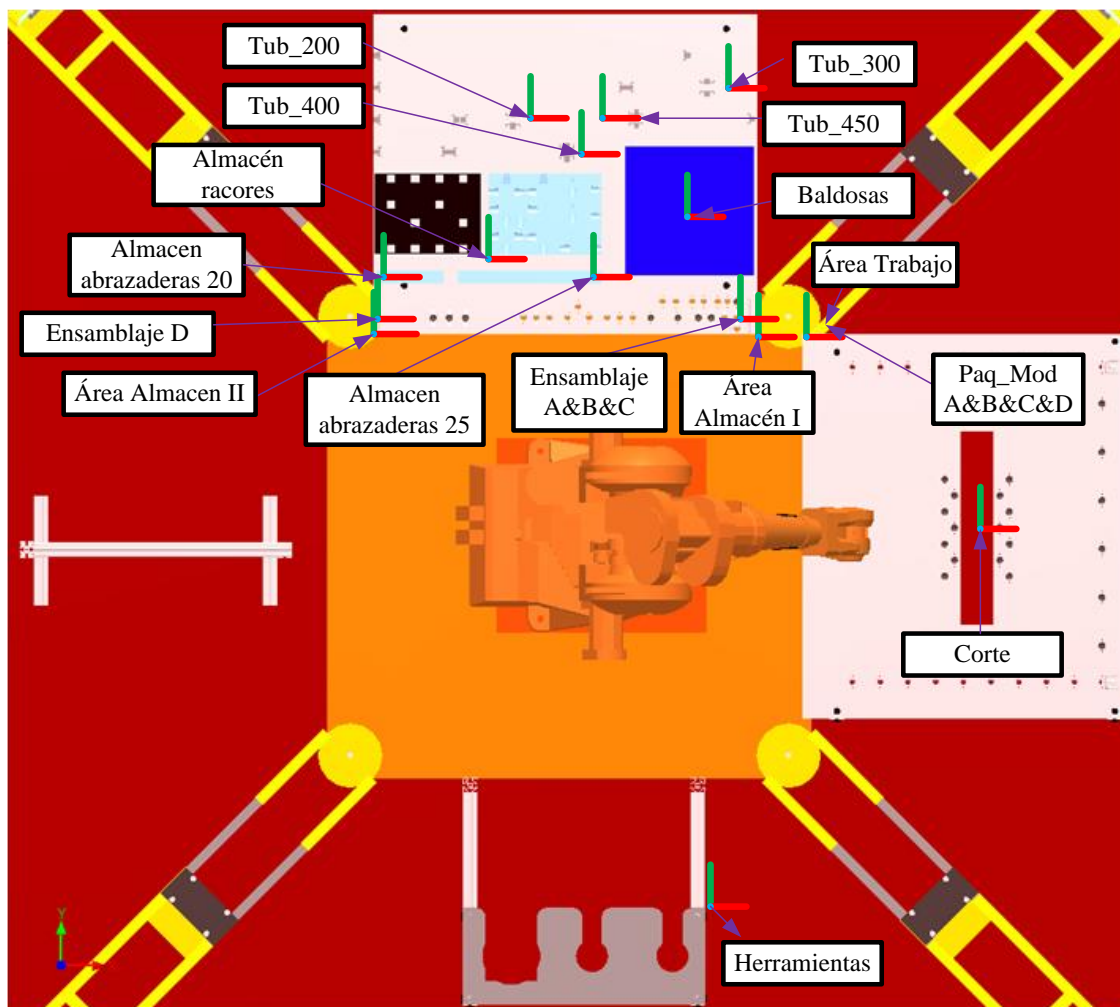


Figura V.74: Objetos de trabajo.

- **Tabla de eventos**

En tercer lugar se define la tabla de eventos que es un elemento de apoyo para la simulación realizada mediante el cual los elementos se podrán mover, ocultar, visualizar o pegar a otros elementos entre otras cosas. Para utilizarla, primero es necesario crear una lista de señales virtuales. Una vez creada, se le asigna a cada una de ellas un elemento de la célula, y la acción que se quiere realizar. Para que dichas acciones tengan resultado será necesario introducir más adelante en el programa RAPID la activación y/o desactivación de la señal correspondiente. En la siguiente tabla se muestra la correspondencia entre la señal el elemento y la acción realizada:

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

Tabla V. 34: Tabla de eventos Ensamblaje Saneamiento.

TABLA DE EVENTOS							
Señal Ensamblaje Saneamiento	Elemento	Acción		Señal Ensamblaje Saneamiento	Elemento	Acción	
		“1”	“0”			“1”	“0”
0	Pinza	Conectar	Desconectar	71	M_A	Conectar	Desconectar
1	Garra	Conectar	Desconectar	72	M_B1	Conectar	Desconectar
2	Motor	Conectar	Desconectar	73	M_B2	Conectar	Desconectar
50	T200_1	Conectar	Desconectar	74	M_C1	Conectar	Desconectar
51	T200_2	Conectar	Desconectar	75	M_C2	Conectar	Desconectar
52	T200_3	Conectar	Desconectar	76	M_D1	Conectar	Desconectar
53	T300_1	Conectar	Desconectar	77	M_D2	Conectar	Desconectar
54	T300_2	Conectar	Desconectar	78	-	Conectar	Desconectar
55	-	Conectar	Desconectar	79	-	Conectar	Desconectar
56	T450_1	Conectar	Desconectar	80	-	Conectar	Desconectar
57	T450_2	Conectar	Desconectar	81	Ab_25_1	Conectar	Desconectar
58	T400_1	Conectar	Desconectar	82	Ab_25_2	Conectar	Desconectar
59	T400_2	Conectar	Desconectar	83	Ab_25_3	Conectar	Desconectar
60	Te1	Conectar	Desconectar	84	Ab_25_4	Conectar	Desconectar
61	Te2	Conectar	Desconectar	85	Ab_25_5	Conectar	Desconectar
62	Codo1	Conectar	Desconectar	86	Ab_25_6	Conectar	Desconectar
63	Codo2	Conectar	Desconectar	87	Ab_25_7	Conectar	Desconectar
64	Codo3	Conectar	Desconectar	88	Ab_25_8	Conectar	Desconectar
65	Codo4	Conectar	Desconectar	89	Ab_25_9	Conectar	Desconectar
66	Rdtr_1	Conectar	Desconectar	90	-	Conectar	Desconectar
67	Rdtr_2	Conectar	Desconectar	91	Ab_20_1	Conectar	Desconectar
68	Cfin_1	Conectar	Desconectar	92	Ab_20_2	Conectar	Desconectar
69	Cfin_2	Conectar	Desconectar	93	Ab_20_3	Conectar	Desconectar
70	Llave	Conectar	Desconectar	94	Ab_20_4	Conectar	Desconectar

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

Tabla V. 35: Tabla de eventos mecanizado piezas pequeñas

TABLA DE EVENTOS							
Señal Corte 30 fichas	Elemento	Acción		Señal Corte 30 fichas	Elemento	Acción	
		“1”	“0”			“1”	“0”
0	-	Mostrar	Ocultar	20	Ficha 20	Mostrar	Ocultar
1	Ficha 1	Mostrar	Ocultar	21	Ficha 21	Mostrar	Ocultar
2	Ficha 2	Mostrar	Ocultar	22	Ficha 22	Mostrar	Ocultar
3	Ficha 3	Mostrar	Ocultar	23	Ficha 23	Mostrar	Ocultar
4	Ficha 4	Mostrar	Ocultar	24	Ficha 24	Mostrar	Ocultar
5	Ficha 5	Mostrar	Ocultar	25	Ficha 25	Mostrar	Ocultar
6	Ficha 6	Mostrar	Ocultar	26	Ficha 26	Mostrar	Ocultar
7	Ficha 7	Mostrar	Ocultar	27	Ficha 27	Mostrar	Ocultar
8	Ficha 8	Mostrar	Ocultar	28	Ficha 28	Mostrar	Ocultar
9	Ficha 9	Mostrar	Ocultar	29	Ficha 29	Mostrar	Ocultar
10	Ficha 10	Mostrar	Ocultar	30	Ficha 30	Mostrar	Ocultar
11	Ficha 11	Mostrar	Ocultar	31	Pinza	Conectar	Desconectar
12	Ficha 12	Mostrar	Ocultar	32	Garra	Conectar	Desconectar
13	Ficha 13	Mostrar	Ocultar	33	Motor	Conectar	Desconectar
14	Ficha 14	Mostrar	Ocultar	34	Baldosa_azul	Conectar	Desconectar
15	Ficha 15	Mostrar	Ocultar	35	Blds_Blanca	Conectar	Desconectar
16	Ficha 16	Mostrar	Ocultar	36	Ficha 6 rep	Mostrar	Ocultar
17	Ficha 17	Mostrar	Ocultar	37	Ficha 9 rep	Mostrar	Ocultar
18	Ficha 18	Mostrar	Ocultar	38	Ficha 24 rep	Mostrar	Ocultar
19	Ficha 19	Mostrar	Ocultar	39	Ficha 27 rep	Mostrar	Ocultar

5.2.3.3 Creación de puntos y trayectorias

Este es el apartado en el que se describen las trayectorias realizadas por el robot. Se van a dividir según los dos procesos realizados en este Proyecto Fin de Carrera: en primer lugar las trayectorias correspondientes con el ensamblaje del sistema de saneamiento y en segundo lugar las correspondientes con el mecanizado de baldosas:

- Ensamblaje del bastidor del módulo de aguas.

En este apartado se describe la simulación del proceso encargado de ensamblar los elementos de saneamiento. Este proceso trata tanto de los procesos de sub-ensamblaje entre diferentes elementos de saneamiento (tubos o racores) como los de ensamblaje sobre el bastidor del módulo de aguas denominado Service Core.

Se desarrollan dos tipos de módulos de aguas, uno con tubería de 25 mm y otro con tubería de 20 mm. Los dos siguen el mismo flujo de proceso, únicamente cambian los componentes empleados. Para la realización del montaje de estos módulos de saneamiento se emplean dos herramientas:

- **La pinza mecánica:** Es empleada tanto para los procesos de ensamblaje entre los diferentes elementos como para el transporte de elementos entre distintas áreas.
- **La herramienta de mecanizado:** Para el anclaje de los elementos de saneamiento sobre el bastidor es necesario realizar una serie de taladros en este donde se fijan las abrazaderas.

Como se observa en el diagrama de flujo, cualquier construcción de elementos de saneamiento está dividida en tres etapas que siguen el orden de izquierda a derecha:

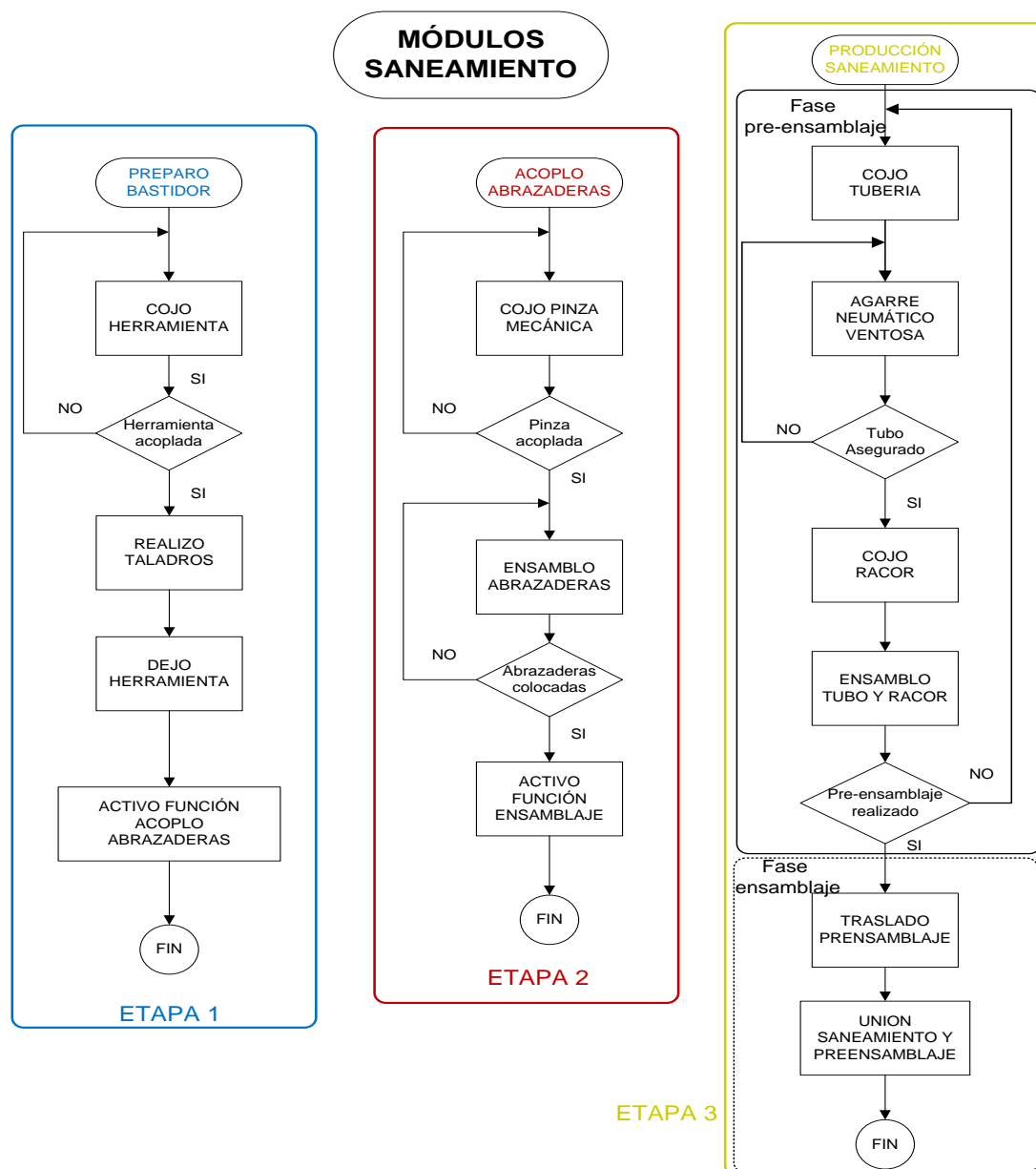


Figura V. 75: Flujo-grama del proceso

- Etapa 1: PREPARACIÓN BASTIDOR

En una primera etapa se mecaniza el bastidor, de forma que queda perfectamente acondicionado para el anclaje del resto de elementos.

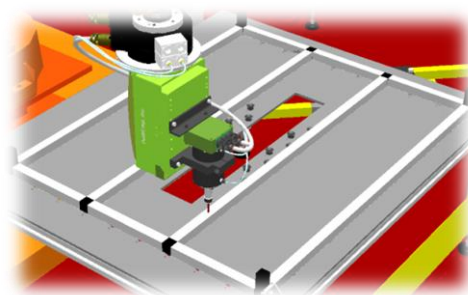


Figura V. 76: Robot realizando mecanizado

- Etapa 2: ANCLAJE ABRAZADERAS

En esta etapa se ensamblan las abrazaderas en los taladros realizados anteriormente. Esta unión se realiza mediante el empleo de presión, del tipo push-fit, anti retorno.

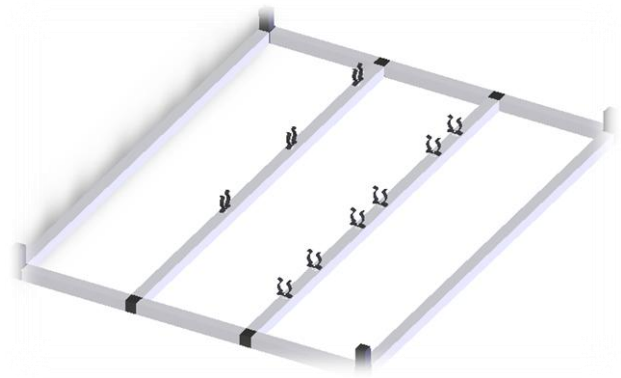


Figura V. 77: Anclaje de abrazaderas

- Etapa3: PRODUCCIÓN SANEAMIENTO

Esta es la etapa final donde se ensamblan los elementos de saneamiento para proporcionar un módulo ServiceCore. En el caso de este PFC, se ha procedido a montar dos módulos Service Core, uno con tuberías de diámetro 25 mm, y otro de tuberías de diámetro 20mm. Se muestran a continuación:

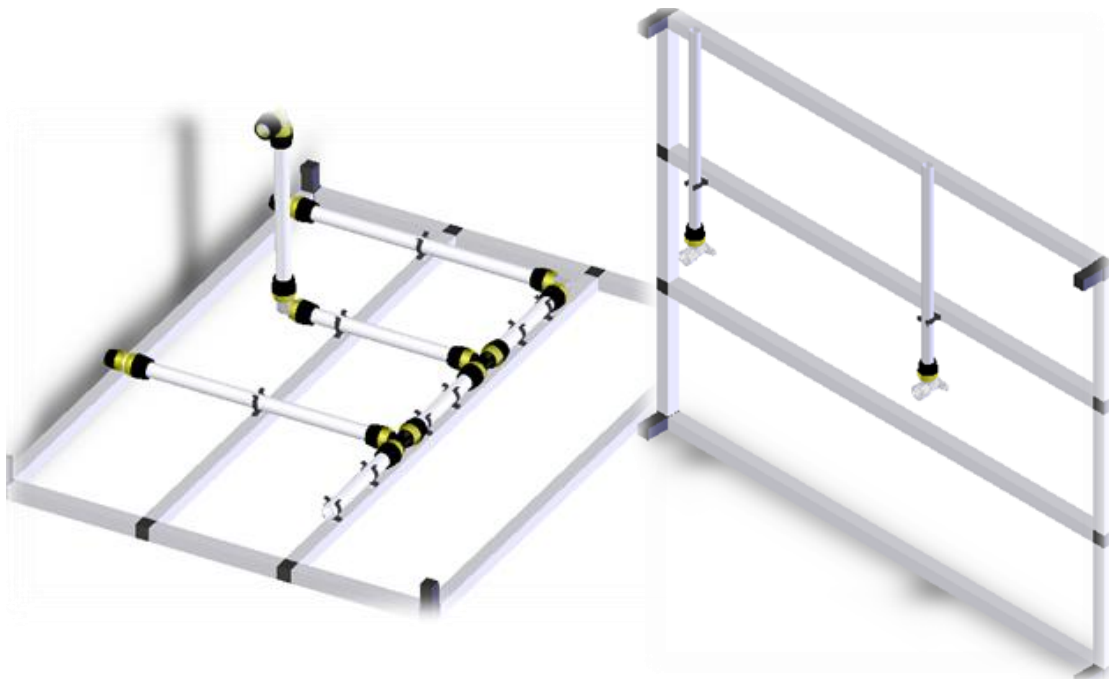


Figura V. 78: Servicore's tras su producción

Esta etapa a su vez se divide en dos fases:

- Fase de pre-ensamblaje. Es la unión de elementos en el área de almacén, dada la cercanía de los elementos. Existen cuatro posibles uniones de pre-ensamblaje. Las uniones A, B, C se realizan con tubo de 25 mm de diámetro mientras que la D emplea tubo de 20 mm de diámetro.
 - Modulo A: Emplea tres tubos 200 mm, dos té y un codo.
 - Modulo B: Emplea un tubo de 300 mm y un codo.
 - Modulo C: Emplea un tubo de 450 mm y un reductor
 - Modulo D: Emplea un tubo de 400 mm y un codo terminal.
- Fase de ensamblaje, consiste en unir los diferentes módulos A, B, C y D en el bastidor acondicionado con las abrazaderas.

Como se ha especificado dentro del concepto de módulo ServiceCore se han implementado dos módulos de aguas diferentes. A la hora de proceder a su implementación las tres etapas, como se muestra en el flujo-grama, siguen los mismos pasos, simplemente cambian los elementos que se utilizan.

A continuación se detallan los pasos seguidos y las trayectorias descritas por el robot a lo largo de cada una de las etapas vistas en el diagrama de flujo:

ETAPA 1: PREPARACIÓN BASTIDOR

Para la preparación del bastidor se hace uso de la herramienta de mecanizado. Mediante una fresa en el extremo de dicha herramienta se hacen los taladros necesarios en el bastidor. La dimensión de estos taladros viene determinada por el sistema anti-retorno de las abrazaderas que se usan en la etapa dos. De esta forma se utilizara una fresa de diámetro 5 mm. Para asegurar el taladro se hace dos penetraciones por cada punto. El número de taladros viene dado por el número de abrazaderas necesario para anclar el saneamiento. A continuación se muestra la distribución de los taladros en las dos opciones de ServiceCore que se emplean. Las cotas con la ubicación de los taladros se pueden apreciar en el capítulo III.

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE ROBOTIZADA



Figura V. 79: Colocación y orden de los taladros

Para realizar el mecanizado ‘OPCIÓN 1’ se realizan los siguientes pasos:

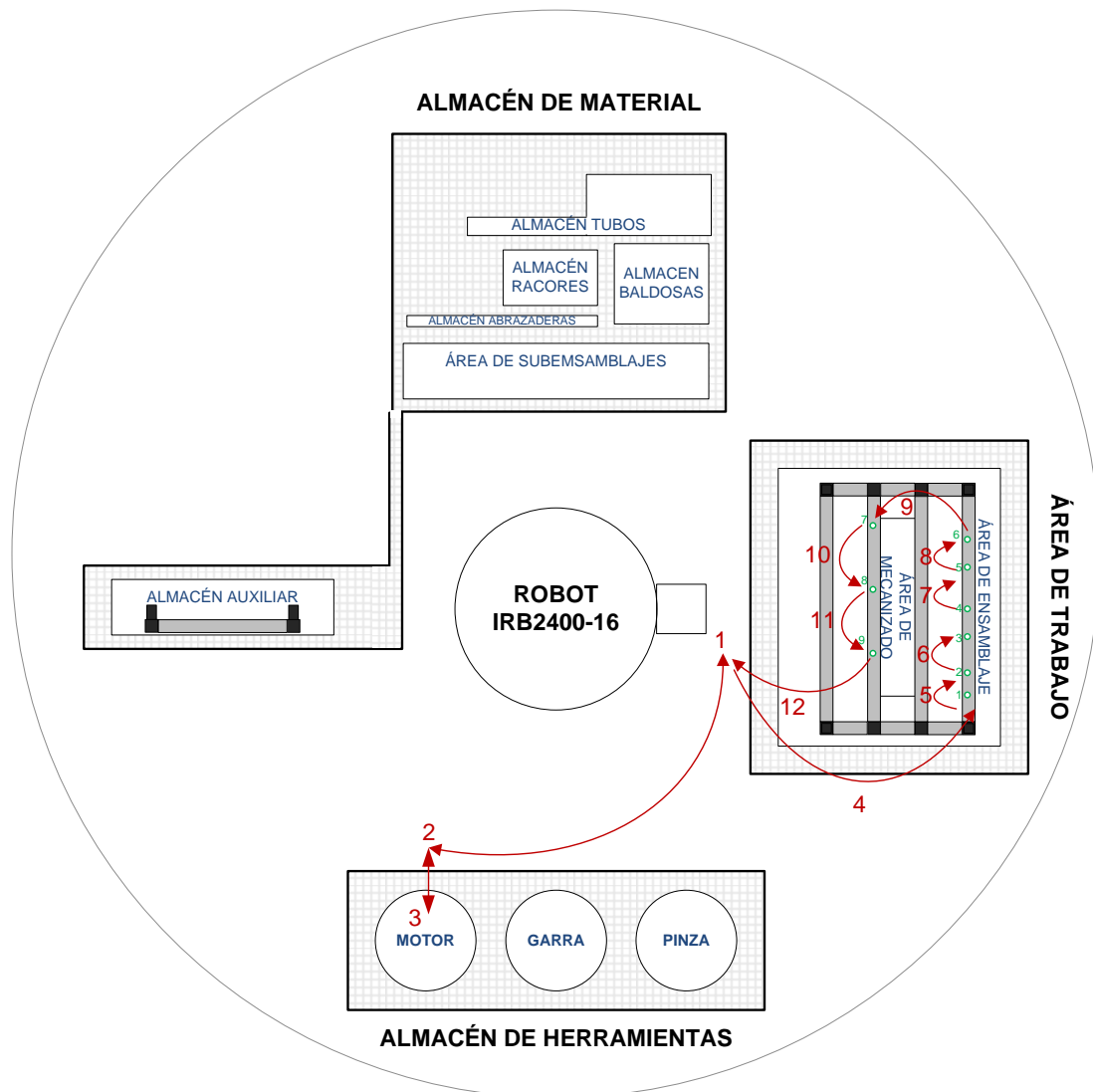


Figura V. 80: Pasos para taladrar el sistema de saneamiento de 25mm

1. Desde la posición inicial se realiza la función cojo/dejo motor
2. Aproximación/alejamiento de la mesa de herramientas
3. Unión/Desunión de la herramienta de mecanizado
4. Realizo taladro 1
5. Realizo taladro 2
6. Realizo taladro 3
7. Realizo taladro 4
8. Realizo taladro 5
9. Realizo taladro 6
10. Realizo taladro 7
11. Realizo taladro 8
12. Realizo taladro 9

A continuación se puede apreciar la trayectoria que describe el robot para realizar el mecanizado del bastidor. En cada taladro se tienen cuatro puntos, dos para la correcta aproximación con la velocidad adecuada, y los otros dos para realizar un taladro con dos pasadas.

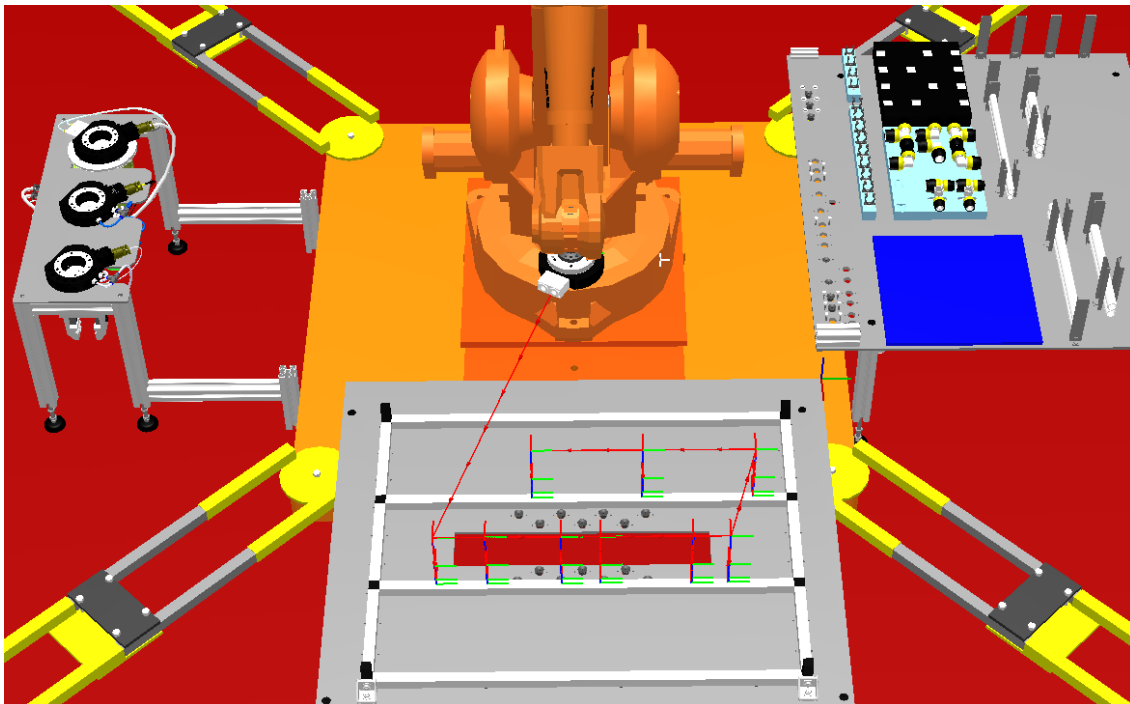


Figura V. 81: Trayectorias para el mecanizado del saneamiento de 25mm

Para realizar el mecanizado ‘OPCIÓN 2’ se realizan los siguientes pasos:

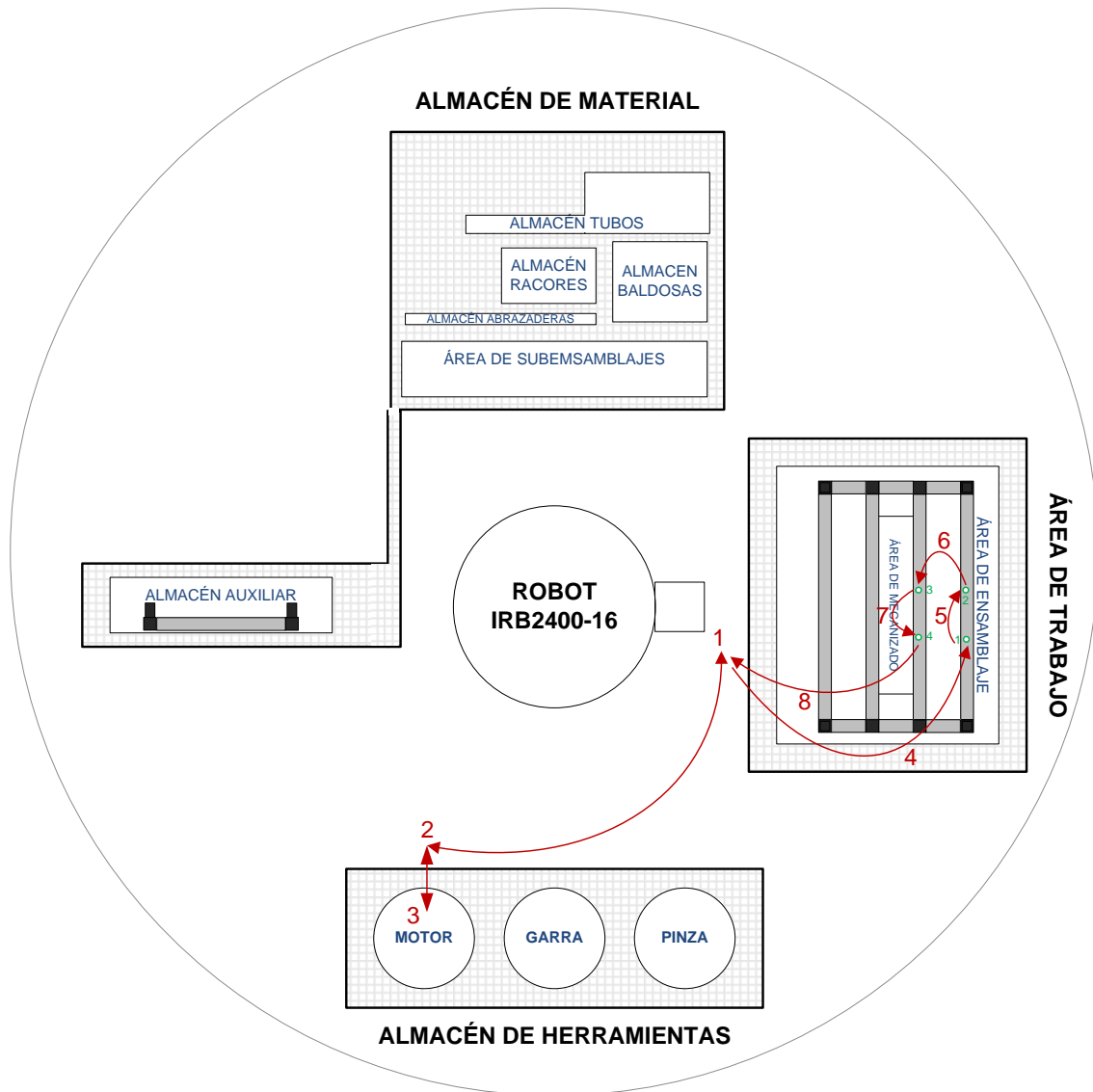


Figura V. 82: Pasos para taladrar el sistema de saneamiento de 20 mm

1. Desde la posición inicial se realiza la función cojo/dejo motor
2. Aproximación/alejamiento de la mesa de herramientas
3. Unión/Desunión de la herramienta de mecanizado
4. Realizo taladro 1
5. Realizo taladro 2
6. Realizo taladro 3
7. Realizo taladro 4

Para el mecanizado del bastidor en esta opción únicamente se realizarán 4 taladros, y como anteriormente, en cada taladro se dispone de cuatro puntos.

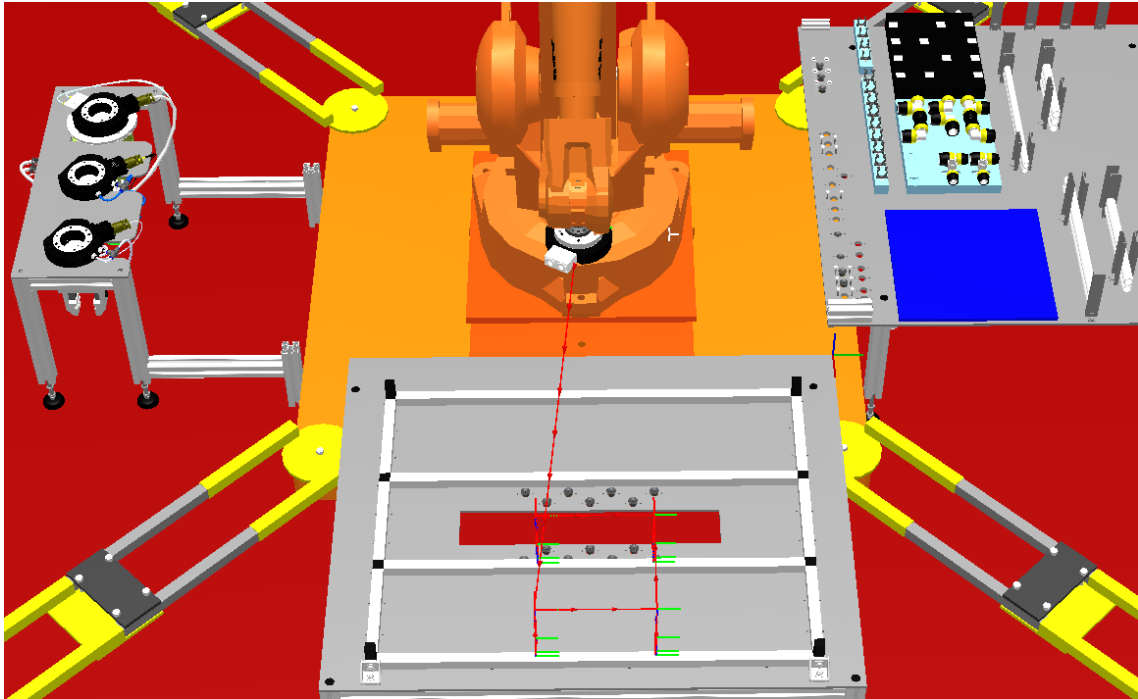


Figura V. 83: Trayectorias para el mecanizado del sistema de saneamiento de 20mm

ETAPA 2: ACOPLO ABRAZADERAS

Para poder realizar un correcto anclaje de los elementos de saneamiento al bastidor es necesario el uso de abrazaderas. Estas abrazaderas se introducen en el taladro realizado anteriormente mediante la presión que ejerce el robot, y mediante un sistema anti-retorno quedan correctamente inmovilizadas. Para ello estas abrazaderas están hechas de un plástico especial para la aplicación, además de tener las medidas precisas para sujetar rígidamente el tubo. Hay dos tipos de abrazaderas, unas que se adaptan al tubo de 20 mm de diámetro y las otras al de 25 mm. Para esta etapa se utilizará la pinza mecánica, herramienta para el transporte y ensamblado de los elementos.

A continuación se muestra los pasos seguidos para el acoplamiento de las abrazaderas de tubo de 25mm.

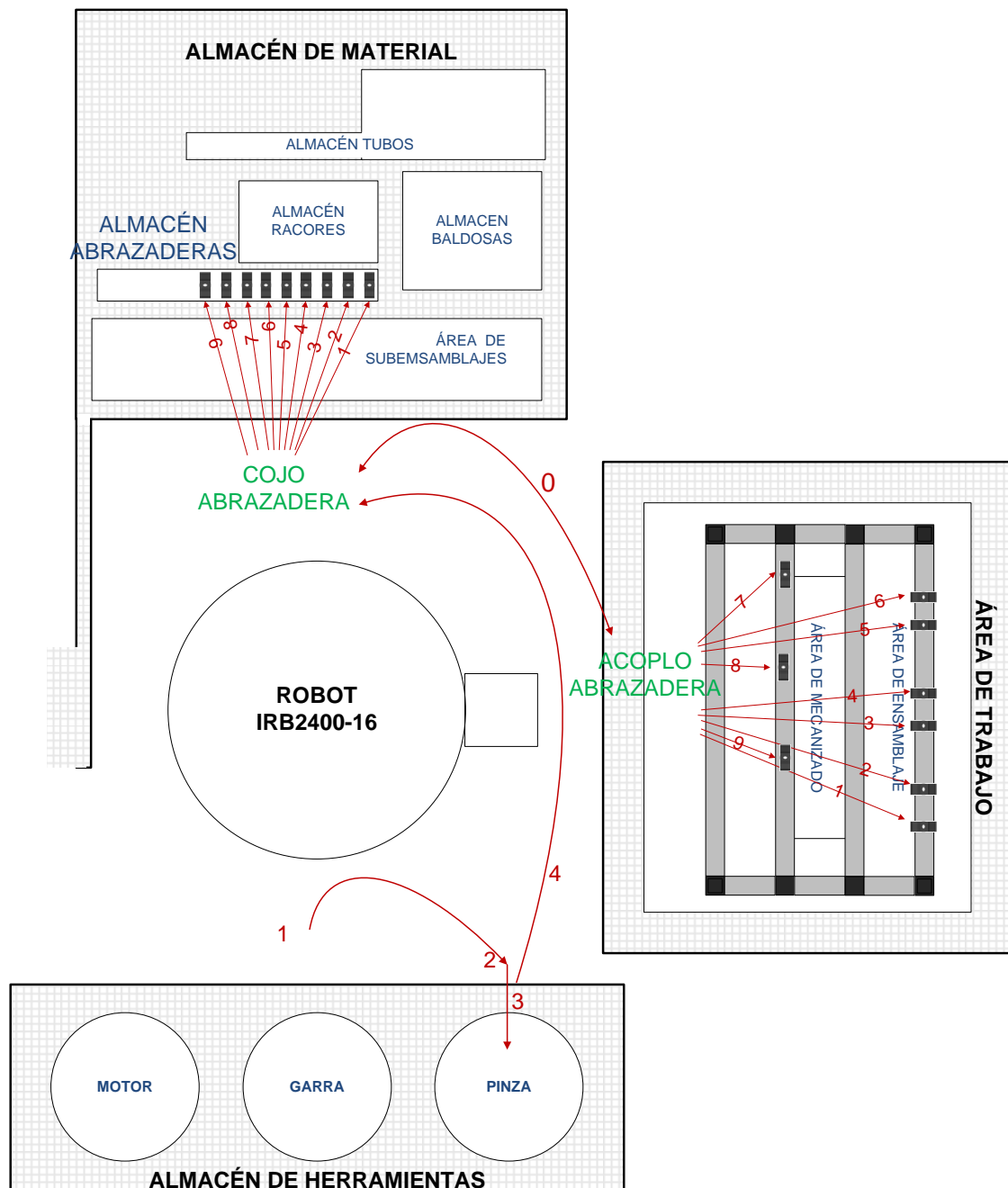


Figura V. 84: Pasos para montar las abrazaderas del S. de saneamiento de 25mm

FASE 1: ACOPIO PINZA MECÁNICA

1. Desde la posición de dejar herramienta paso a coger pinza mecánica
2. Aproximación a la mesa de herramienta
3. Unión de la pinza mecánica
4. Desplazo robot hasta posición de 'Función Cojo Abrazadera'

FASE 2: COJO ABRAZADERA & ACOPLO ABRAZADERA

0. Movimiento para las abrazadera entre Cojo Abrazadera y Acoplo Abrazadera
1. Cojo abrazadera_25 1 & Acoplo abrazadera_25 1
2. Cojo abrazadera_25 2 & Acoplo abrazadera_25 2
3. Cojo abrazadera_25 3 & Acoplo abrazadera_25 3
4. Cojo abrazadera_25 4 & Acoplo abrazadera_25 4
5. Cojo abrazadera_25 5 & Acoplo abrazadera_25 5
6. Cojo abrazadera_25 6 & Acoplo abrazadera_25 6
7. Cojo abrazadera_25 7 & Acoplo abrazadera_25 7
8. Cojo abrazadera_25 8 & Acoplo abrazadera_25 8
9. Cojo abrazadera_25 9 & Acoplo abrazadera_25 9

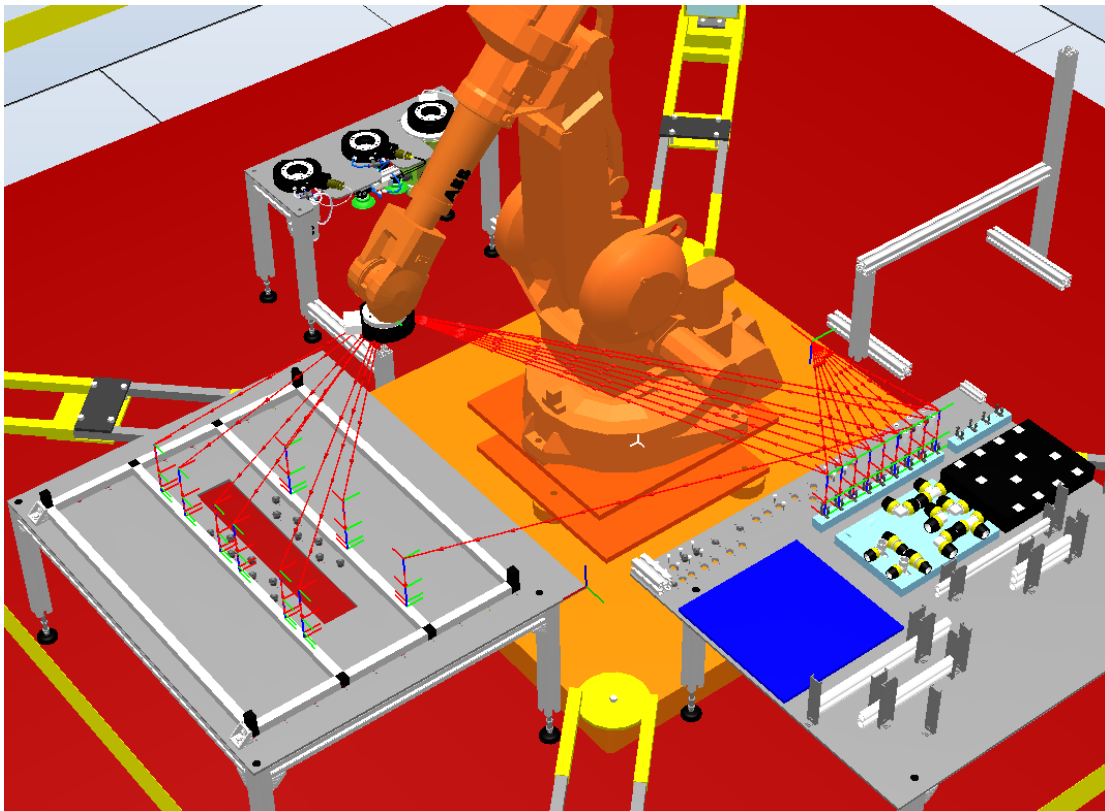


Figura V. 85: Trayectorias para la colocación de las abrazaderas para tubo de 25mm

Las trayectorias para el anclaje de las abrazaderas son muy sencillas pero resultan bastante largas y laboriosas debido al gran número de abrazaderas que se colocan. Las trayectorias para coger abrazadera tienen tres puntos mientras que las trayectorias para ensamblar la abrazadera disponen de cuatro puntos. Solo en esta rutina se obtienen 63 puntos.

A continuación se muestra los pasos seguidos para el acoplamiento de las abrazaderas de tubo de 20mm.

1. Desde la posición de dejar herramienta paso a coger pinza mecánica
2. Aproximación a la mesa de herramienta
3. Unión de la pinza mecánica
4. Desplazo robot hasta posición de 'Función Cojo Abrazadera'

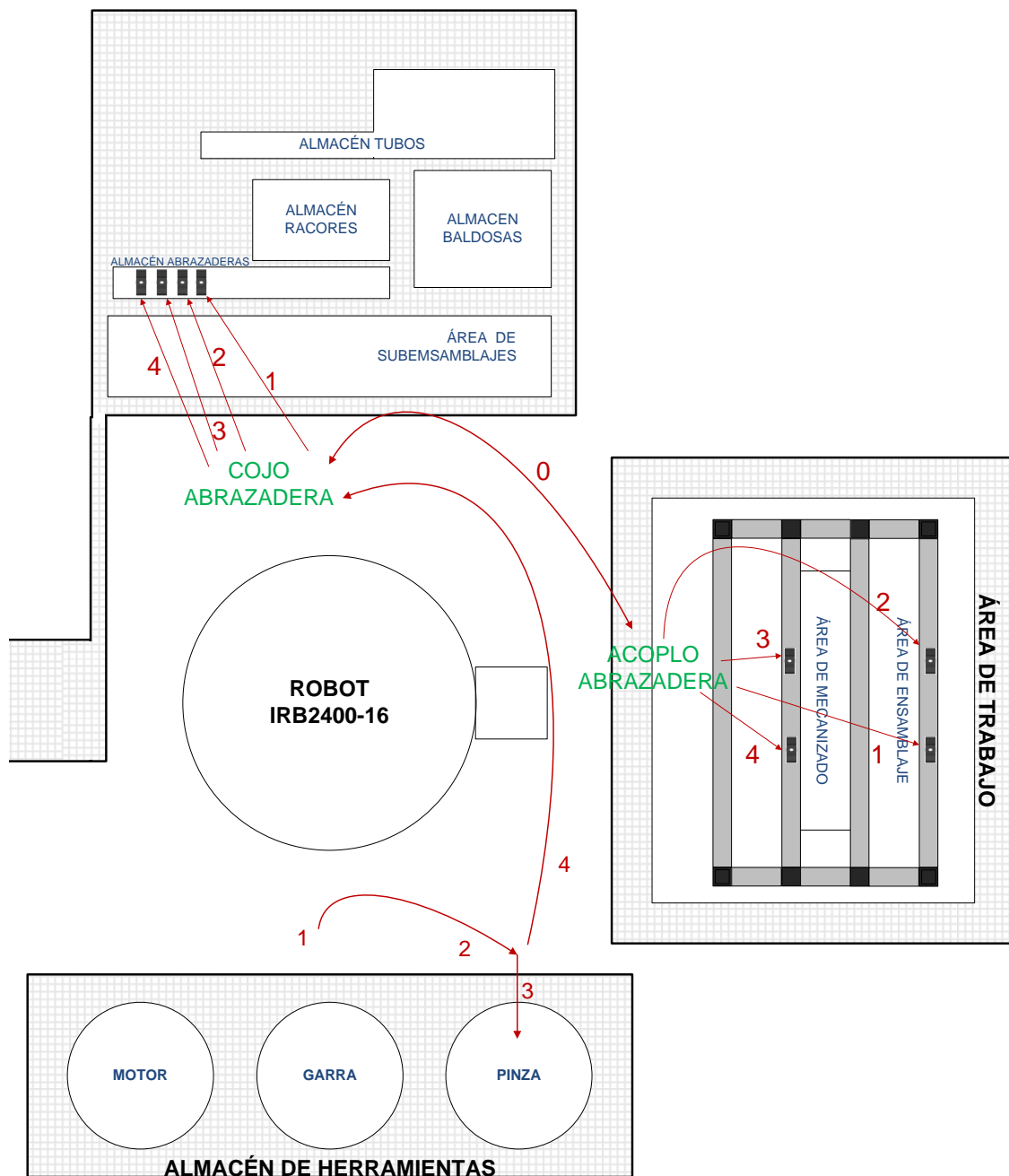


Figura V. 86: Pasos para montar las abrazaderas del S. de saneamiento de 20mm

FASE 1: ACOPLLO PINZA MECÁNICA

FASE 2: COJO ABRAZADERA & ACOPLLO ABRAZADERA

0. Movimiento para las abrazadera entre Cojo Abrazadera y Acoplo Abrazadera
1. Cojo abrazadera 20 1 & Acoplo abrazadera 20 1
2. Cojo abrazadera 20 1 & Acoplo abrazadera 20 2
3. Cojo abrazadera 20 1 & Acoplo abrazadera 20 3
4. Cojo abrazadera 20 1 & Acoplo abrazadera 20 4

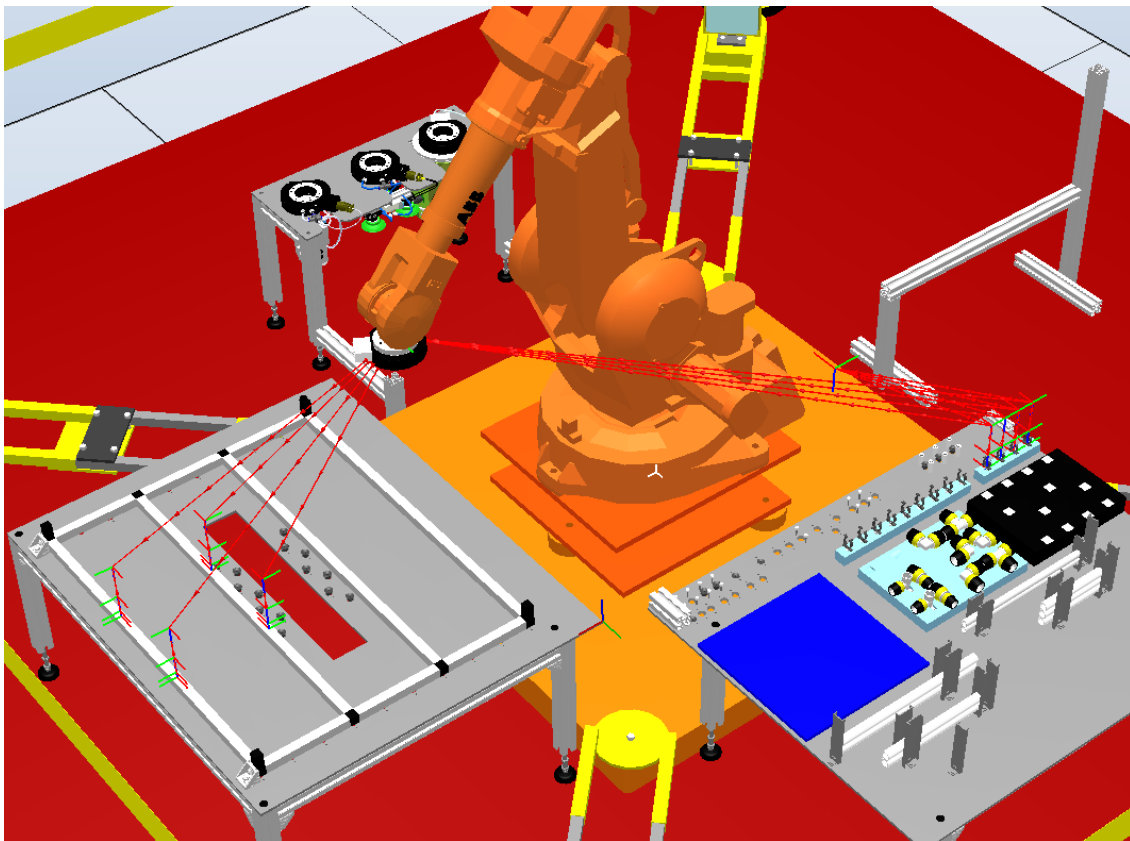


Figura V. 87: Trayectorias para la colocación de las abrazaderas para tubo de 25mm

Las trayectorias para el anclaje de las abrazaderas en el caso del ServiceCore destinado a tubos de 20mm son muy similares a las de 25mm. La única diferencia radica en la cantidad de abrazaderas a ensamblar, cuatro por nueve, y la colocación inicial y final de las mismas.

ETAPA 3: PRODUCCIÓN SISTEMA SANEAMIENTO

En la etapa final es cuando se lleva a cabo el proceso fundamental de toda esta sección, la producción del sistema de saneamiento del módulo de servicio de aguas. Esto consiste en montar toda la red de tuberías y racores en el bastidor, de tal forma que queden totalmente rígidos y solidarios al mismo. Para ello se debe anclar el sistema de saneamiento a las abrazaderas anteriormente ya fijadas al bastidor. Para este montaje se han barajado tres opciones:

- Opción I: Montar todo el sistema de saneamiento directamente y acoplarlo al bastidor
- Opción II: Montar componente a componente en el bastidor.
- Opción III: Dividir el montaje total del sistema de saneamiento en módulos similares.

De las tres opciones, la primera se descarto debido a que resultaba imposible el transporte del sistema de saneamiento completo para el posterior anclaje. La segunda opción resulta la más sencilla pero muy ineficiente debido al gran número traslados del robot entre las áreas de almacén y trabajo. La tercera opción resulta ser la que posee mejor compromiso entre facilidad de producción, traslado de componentes y tiempo de estos traslados. Como se comentó inicialmente para el conformado de cada subdivisión del sistema de saneamiento se producen dos fases:

- Fase de pre-ensamblaje: Se realiza una subdivisión de forma independiente del sistema de saneamiento completo.
- Fase de ensamblaje: Se traslada la subdivisión anteriormente conformada al área de trabajo y se fija en el bastidor mediante las abrazaderas. Además del anclaje en las abrazaderas se produce la unión entre diferentes subdivisiones.

Para la descripción de esta etapa, se va a explicar cada OPCIÓN de ServiceCore por separado. Es decir primero se exponen las distintas fases sistema de saneamiento para tubos de 25 mm. Después se comenta igualmente las dos fases pero para el sistema de saneamiento de 20 mm.

La **OPCIÓN 1**, sistema de saneamiento de tubos de 25 mm consta de tres subdivisiones:

- Modulo A: Emplea tres tubos 200 mm, dos té y un codo.
- Modulo B: Emplea un tubo de 300 mm y un codo.
- Modulo C: Emplea un tubo de 450 mm y un reductor

Para conseguir montar el sistema de saneamiento opción 1, hay que unir sobre el bastidor un módulo A, dos módulos B y dos módulos C. El flujo-grama para la etapa de conformado del sistema de saneamiento de tubo de 25 mm es el siguiente:

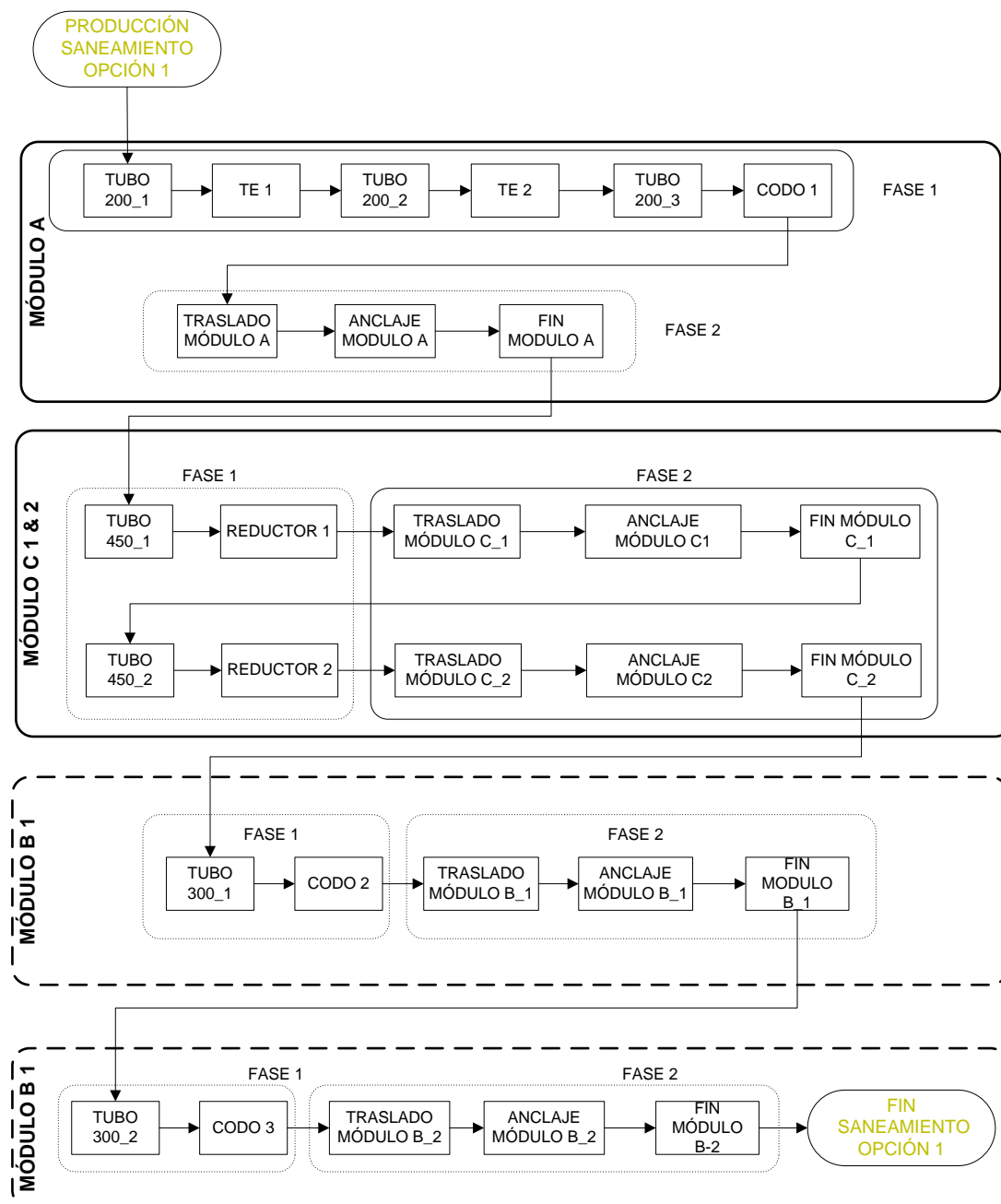


Figura V. 88: Flujo-grama producción S. de saneamiento de 25mm

A continuación se muestra los pasos seguidos para el pre-ensamblaje del módulo A:

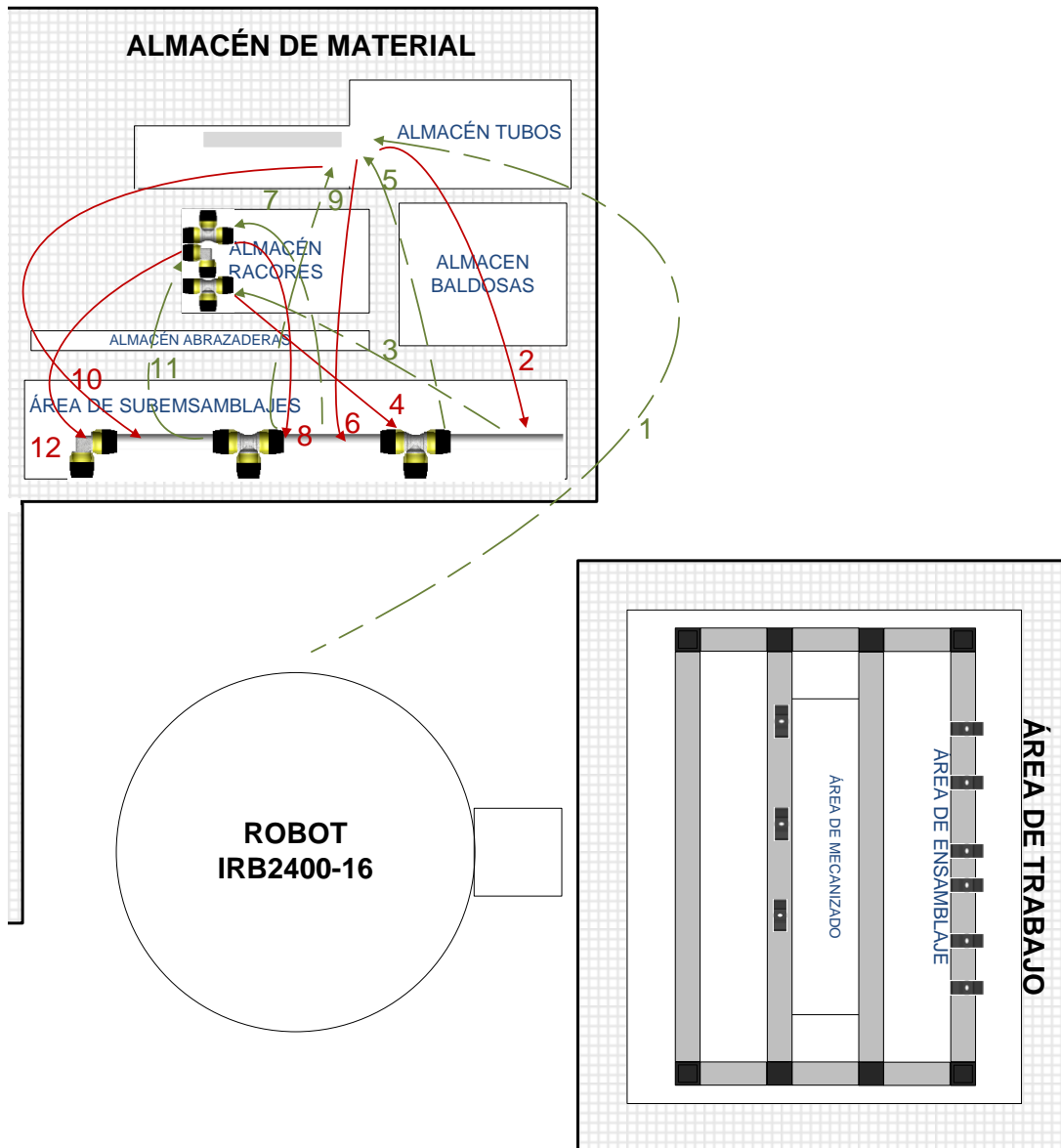


Figura V. 89: Pasos para obtención del sub-ensamblaje A

- | | |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Se agarra el tubo_200_1 del almacén | 7. Se agarra la te 2 del almacén de |
| 2. Se coloca el tubo_200_1 en las | racores |
| ventosas de la zona de pre-ensamblaje | 8. Se ensambla la te 2 al tubo 200_2 |
| junto al tope. | 9. Se agarra el tubo 200_3 del almacén |
| 3. Se agarra la te 1 del almacén | 10. Se ensambla el tubo 200_3 a la te 2 |
| 4. Se ensambla la te 1 al tubo_200_1 | 11. Se coge el codo 1 del almacén |
| sujeto en la zona de pre-ensamblaje | 12. Se ensambla el codo 1 al resto del |
| 5. Se agarra el tubo_200_2 del almacén | módulo realizado |
| 6. Se ensambla el tubo_200_2 a la te 1 | |

Las trayectorias para conseguir el sub-ensamblaje A siguen los pasos anteriormente indicados. Para el agarre de los diferentes elementos (tubos o racores) por parte de la pinza se disponen de tres puntos, dos de aproximación y uno para la captura, mientras que en el caso de los sub-ensamblajes estos tienen seis puntos.

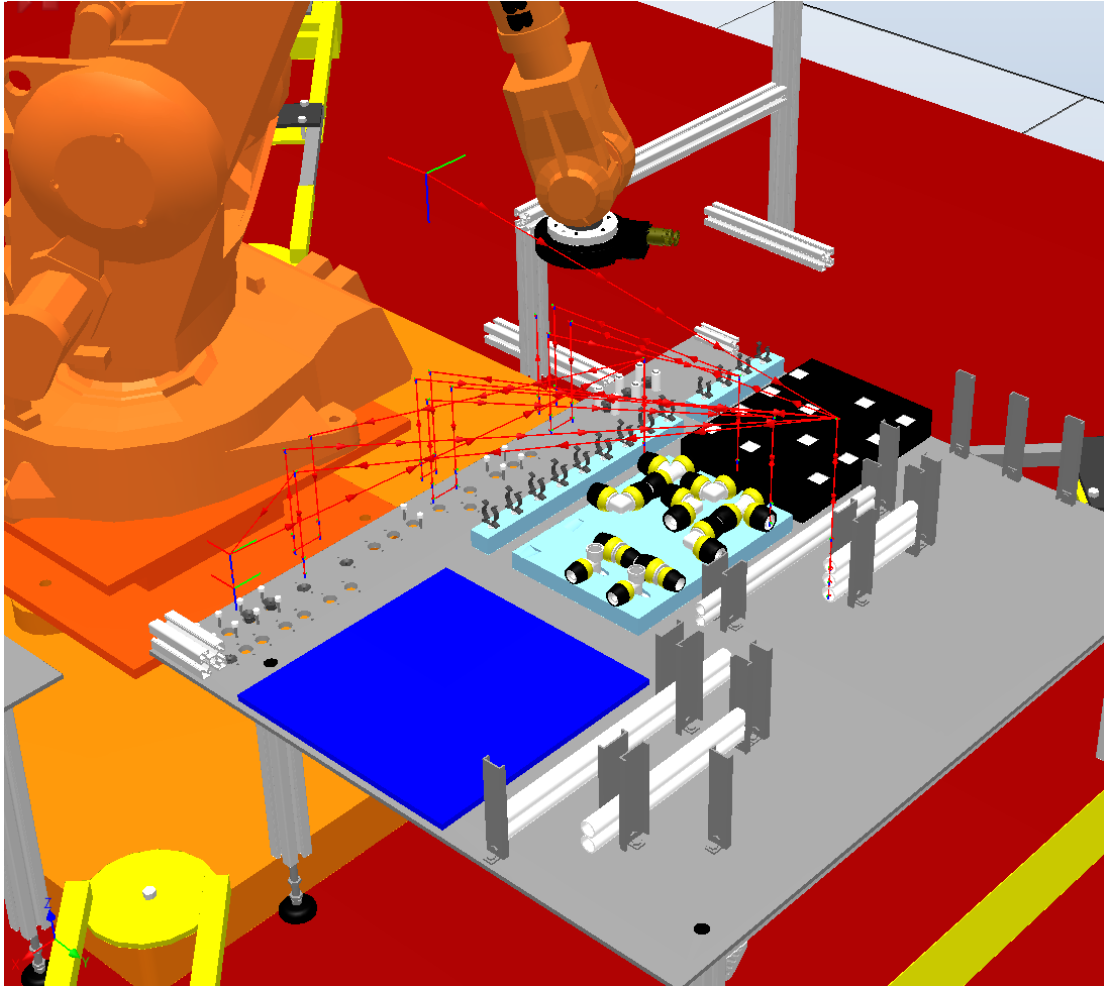


Figura V. 90: Trayectorias obtención sub-ensamblaje A

Después del realizar el pre-ensamblaje hay que anclar el módulo A en el sistema de abrazaderas dispuesto sobre el bastidor:

1. Se agarra el módulo A desde un lateral de la te 2
2. Se traslada el módulo A hasta el área de trabajo
3. Se produce la unión entre abrazaderas y módulo A
4. Se vuelve a la posición de espera del área de almacén

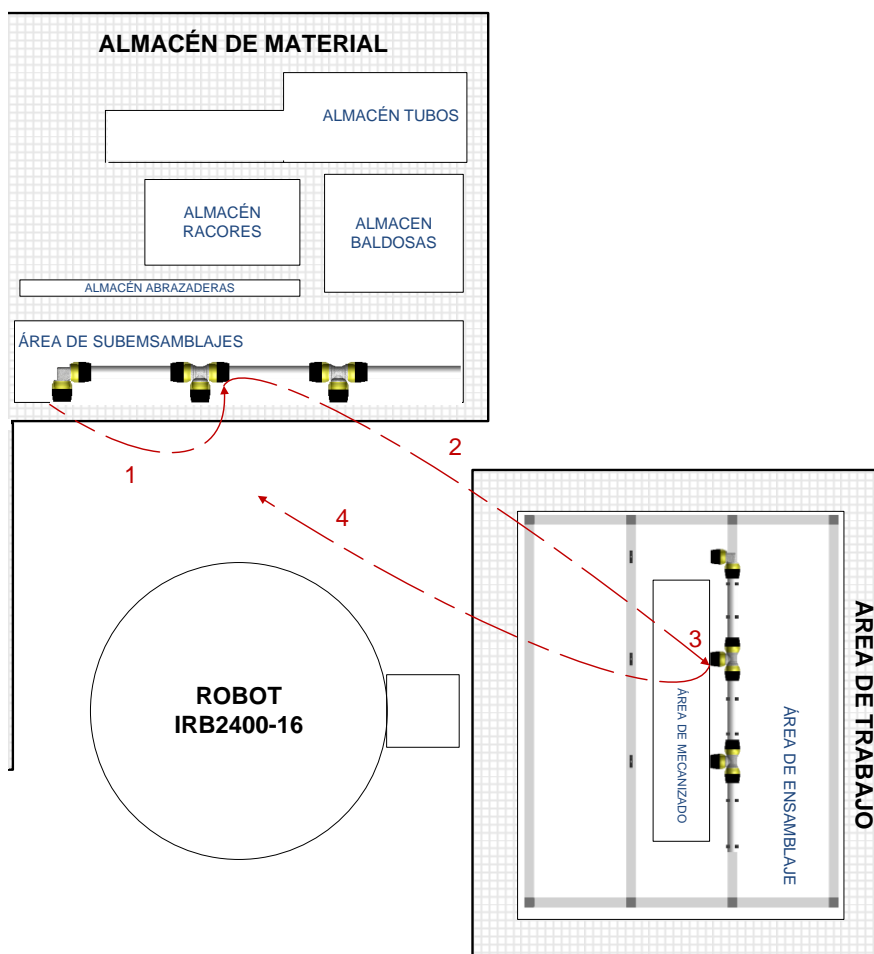


Figura V. 91: Pasos ensamble módulo A

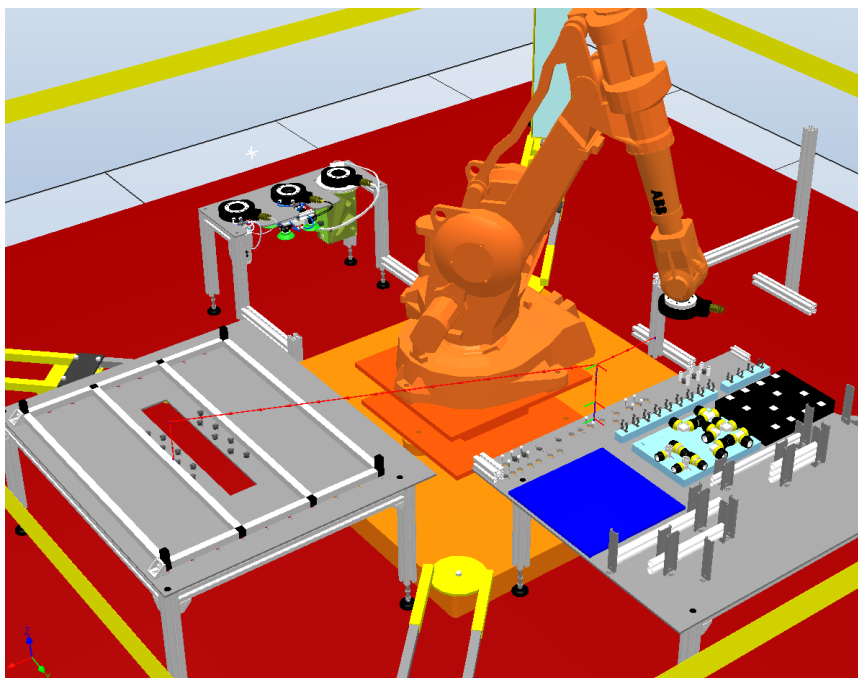


Figura V. 92: Trayectorias ensamble módulo A

Los pasos para anclar el primer módulo C en la estructura bastidor junto con el módulo son los siguientes:

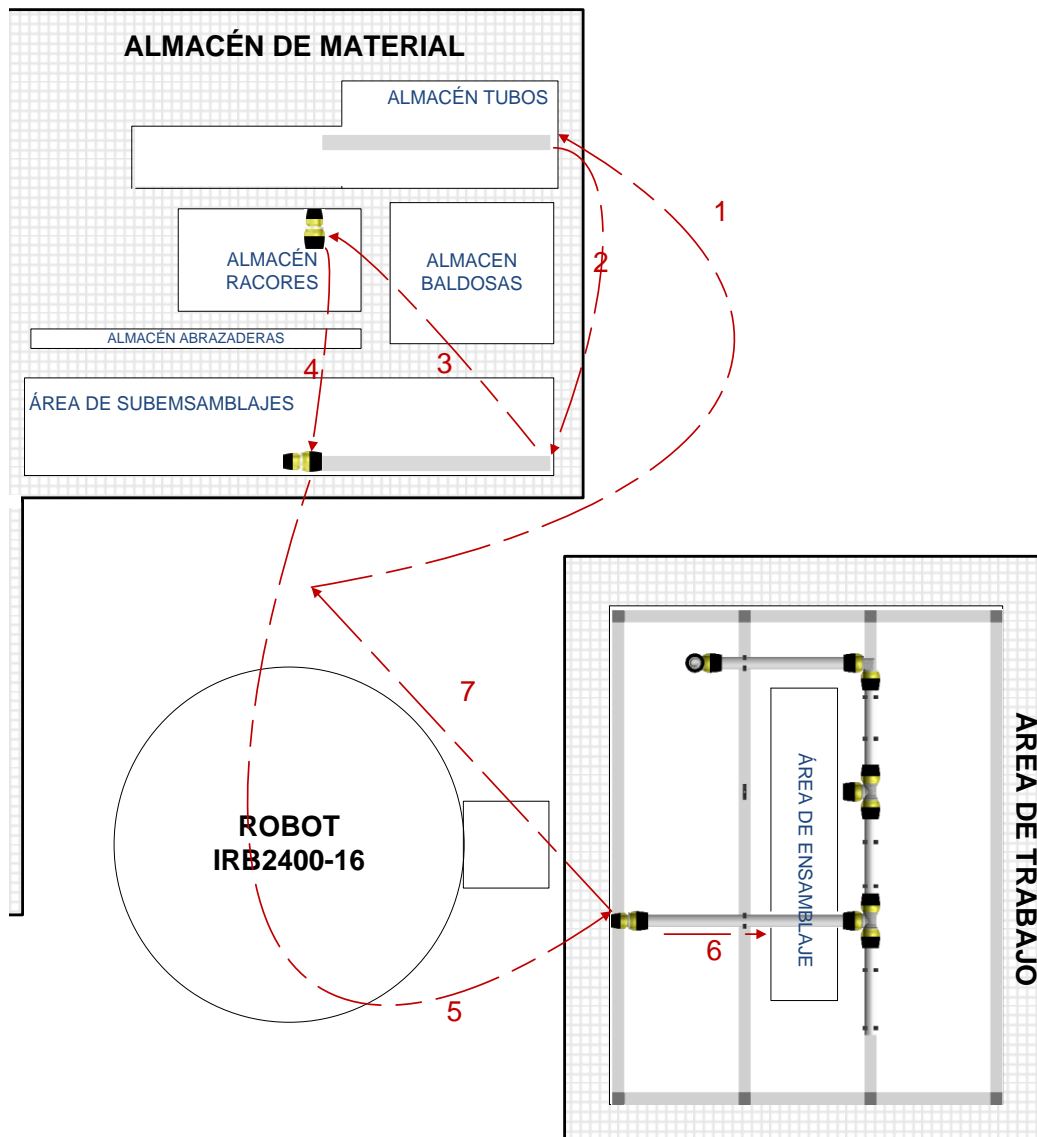


Figura V. 93: Pasos ensamble módulo C-1

1. De la posición inicial de la mesa de almacén se coge el tubo450_1
2. Se posiciona el tubo450_1 en el carril de pre-ensamblaje, fijado por el tope y las ventosas de aspiración.
3. Se coge el reductor_1 del almacén de racores
4. Se ensambla el reductor _1 con el tubo450_1 consiguiendo el módulo C_1
5. Se trasporta el módulo orientándolo adecuadamente para el posterior ensamble
6. Se ensambla el módulo a la estructura módulo A, módulo B y bastidor
7. Se retorna a la posición inicial de la mesa de almacén

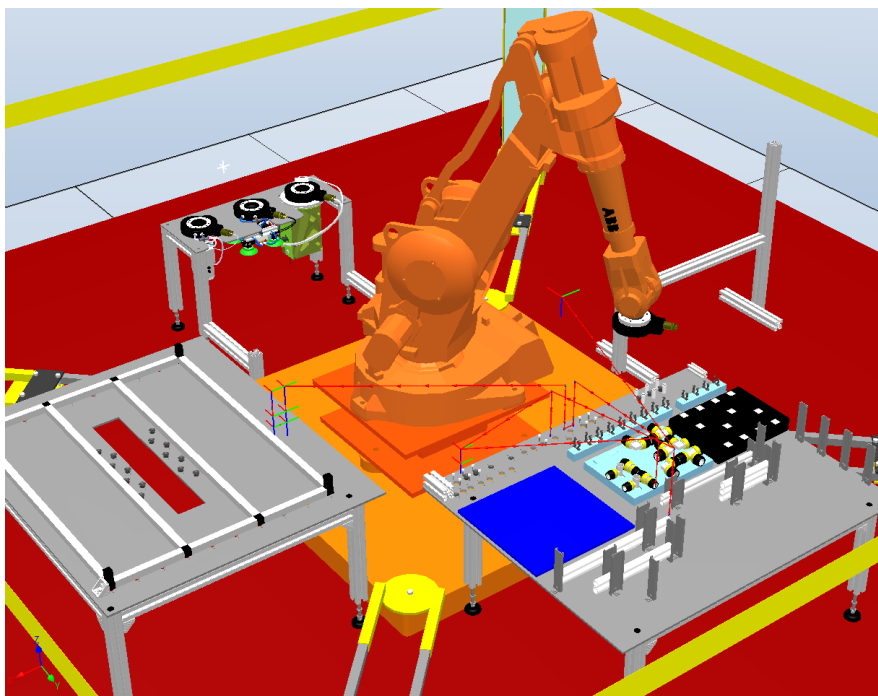


Figura V. 94: Trayectorias ensamble módulo C-1

El segundo módulo C seguirá la misma línea que el primero:

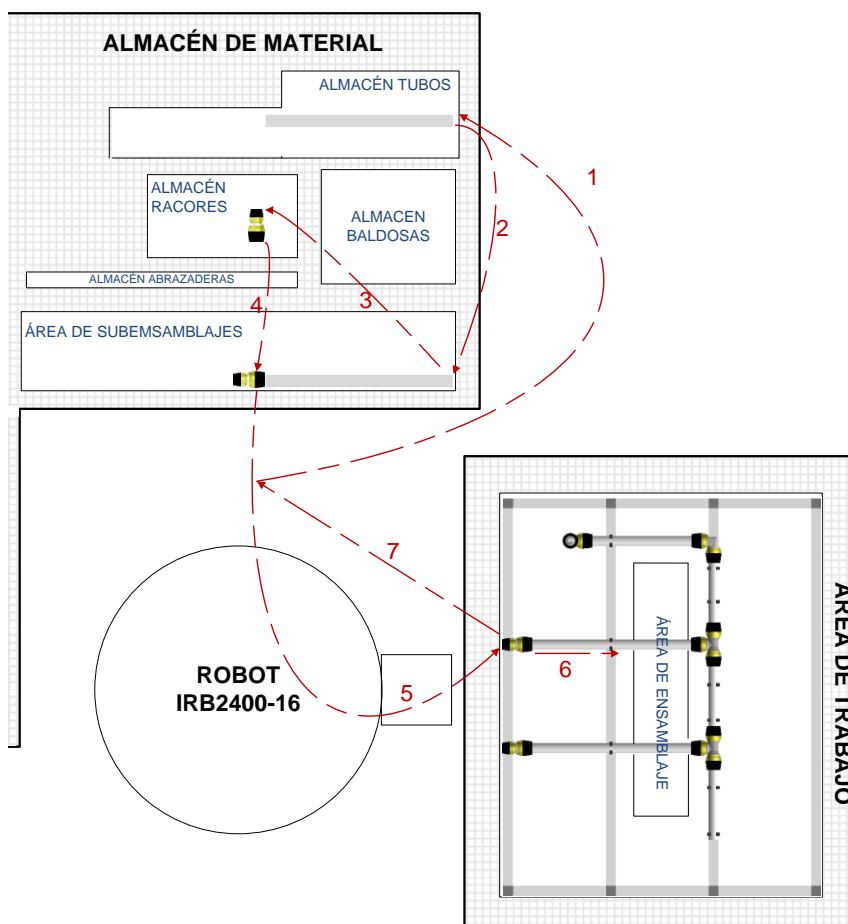


Figura V. 95: Pasos ensamble módulo C-2

1. De la posición inicial de la mesa de almacén se coge el tubo450_1
2. Se posiciona el tubo450_1 en el carril de pre-ensamblaje, fijado por el tope y las ventosas de aspiración.
3. Se coge el reductor_1 del almacén de racores
4. Se ensambla el reductor _1 con el tubo450_1 consiguiendo el módulo C_1
5. Se trasporta el módulo orientándolo adecuadamente para el posterior ensamblaje
6. Se ensambla el módulo a la estructura módulo A, módulo B y bastidor
7. Se retorna a la posición inicial de la mesa de almacén

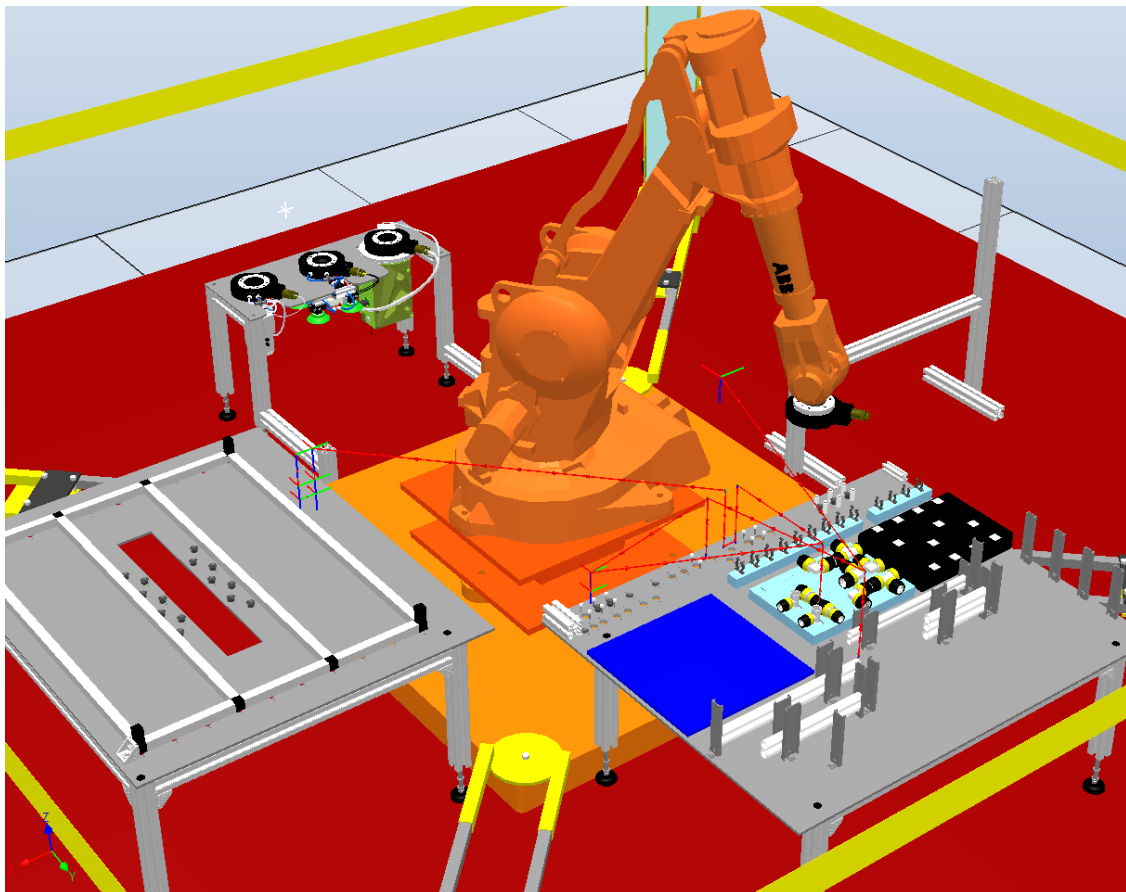


Figura V. 96: Trayectorias ensamblaje módulo C-2

La secuencia para anclar el primer módulo B en la estructura del ServiceCore es la siguiente:

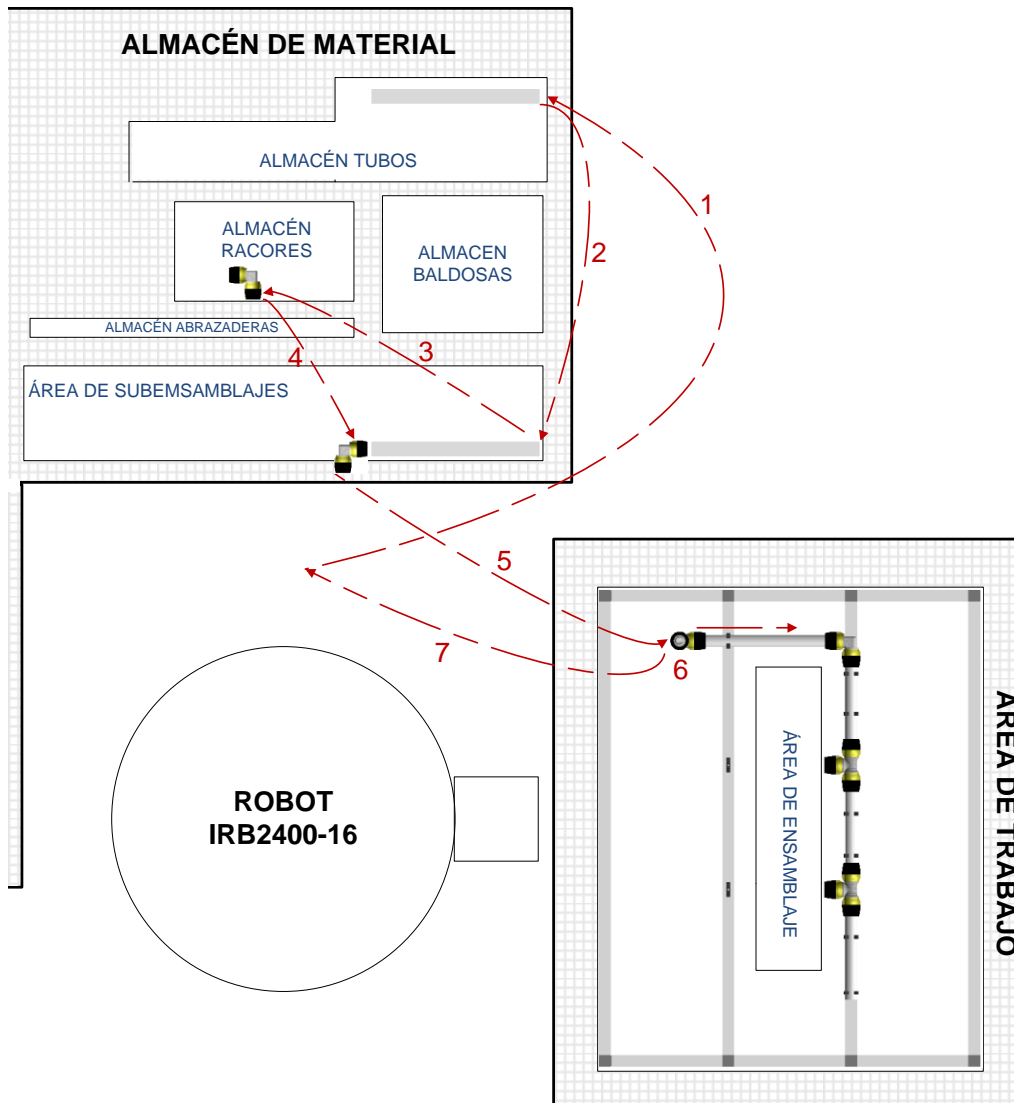


Figura V. 97: Pasos ensamble módulo B-1

1. De la posición inicial de la mesa de almacén se coge el tubo300_1
2. Se posiciona el tubo300_1 en el carril de pre-ensamblaje, fijado por el tope y las ventosas de aspiración.
3. Se coge el codo 2 del almacén de racores
4. Se ensambla el codo 2 con el tubo300_1 consiguiendo el módulo B_1
5. Se trasporta el módulo orientándolo adecuadamente para el posterior ensamble
6. Se ensambla el módulo a la estructura módulo A más bastidor
7. Se retorna a la posición inicial de la mesa de almacén

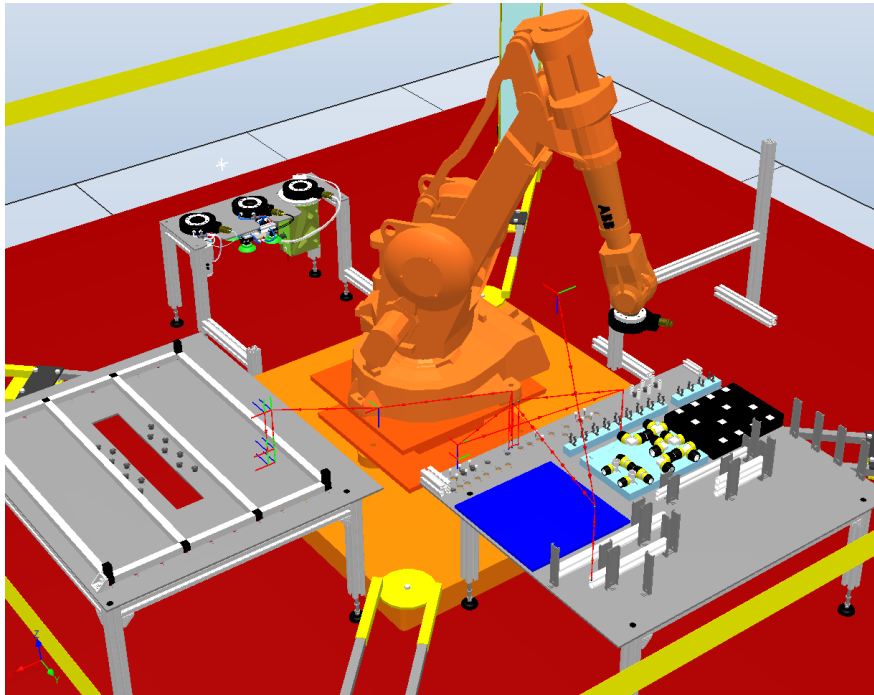


Figura V. 98: Trayectorias para ensamblar módulo B-1

Una vez montado todos los módulos anteriores, únicamente queda ensamblar el módulo B_2 para terminar el sistema de saneamiento del ServiceCore.

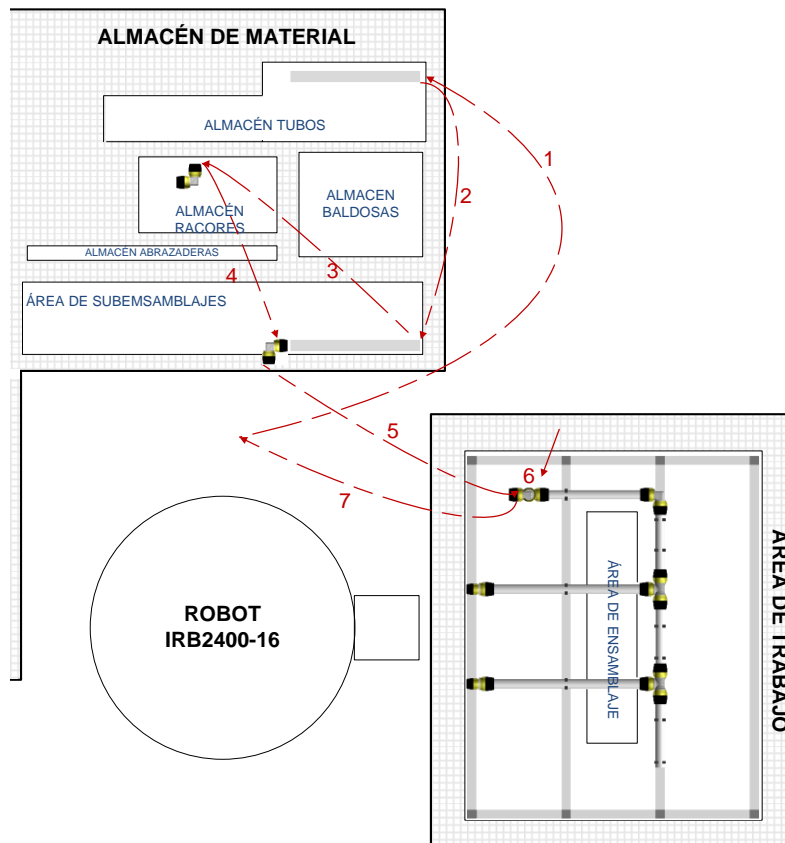


Figura V. 99: Pasos para ensamblar módulo B-2

1. De la posición inicial de la mesa de almacén se coge el tubo300_2
2. Se lleva el tubo300_2 al carril de pre-ensamblaje, y se fija por el tope y las ventosas.
3. Se coge el codo 3 del almacén de racores
4. Se ensambla el codo 3 con el tubo300_2 consiguiendo el módulo B_2
5. Se trasporta el módulo orientándolo adecuadamente para el posterior ensamblaje
6. Se ensambla el módulo a la estructura del bastidor más el resto de módulos. Se ha conseguido el ServiceCore.
7. Se retorna a la posición inicial de la mesa de almacén

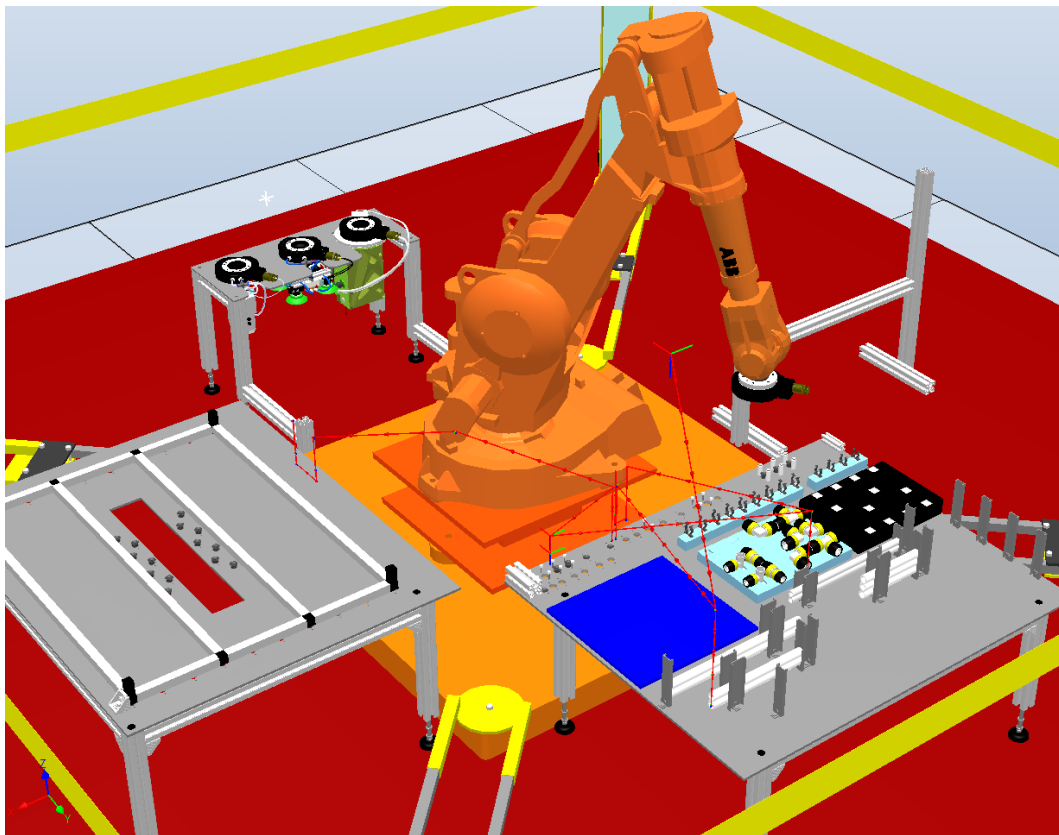


Figura V. 100: Trayectorias ensamblaje módulo B-2

Como resumen se muestra un esquema del proceso de producción del primer ServiceCore para tubos de 25 mm, donde se puede seguir lo que ocurre en el área de ensamblaje:

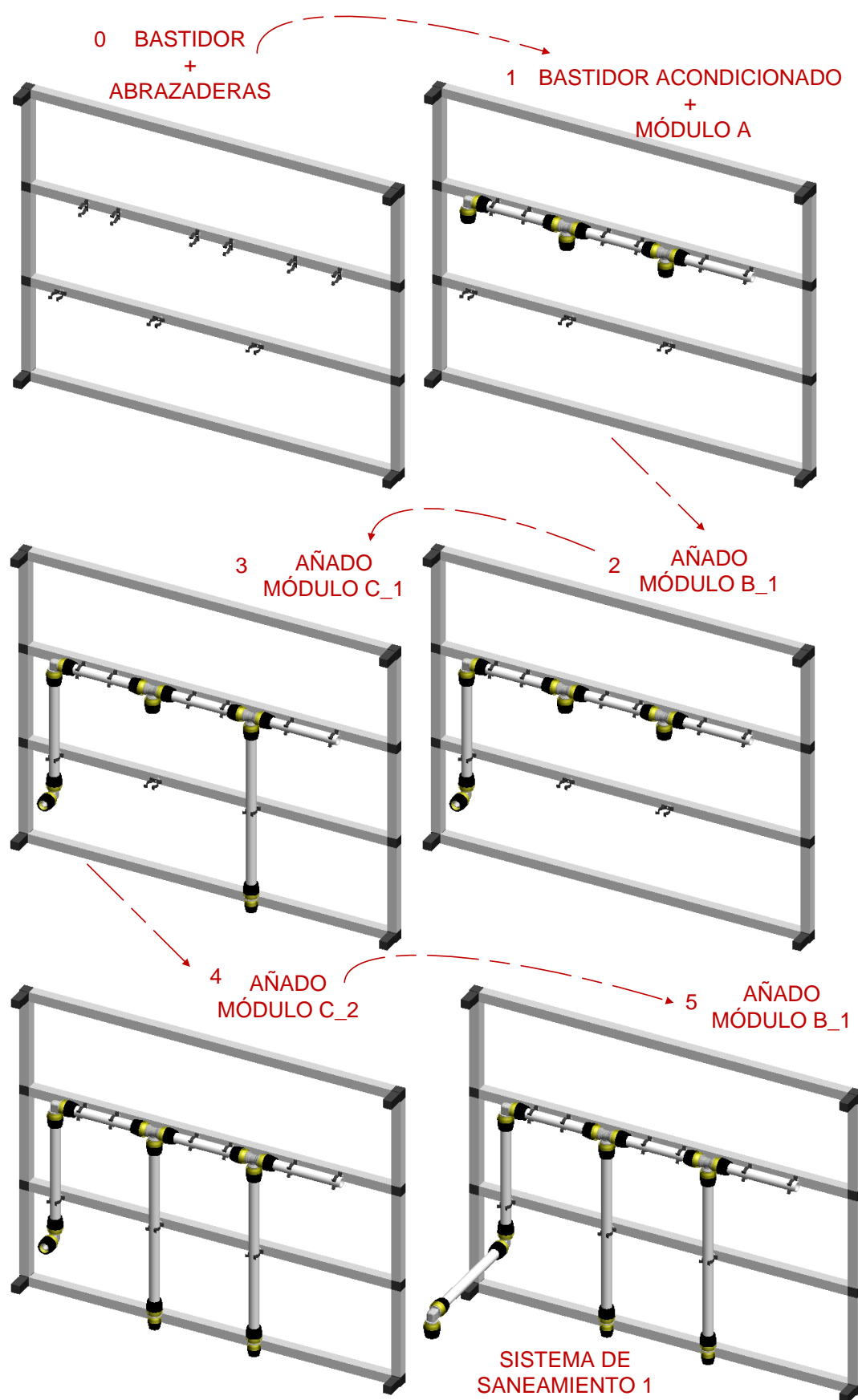


Figura V. 101: Evolución producción sistema de saneamiento de 25mm

En la siguiente imagen se muestran todos los puntos y trayectorias implicados en el ensamble del sistema de saneamiento para tubos de 25 mm, donde se puede apreciar la complejidad y el trabajo necesario para realizarlo.

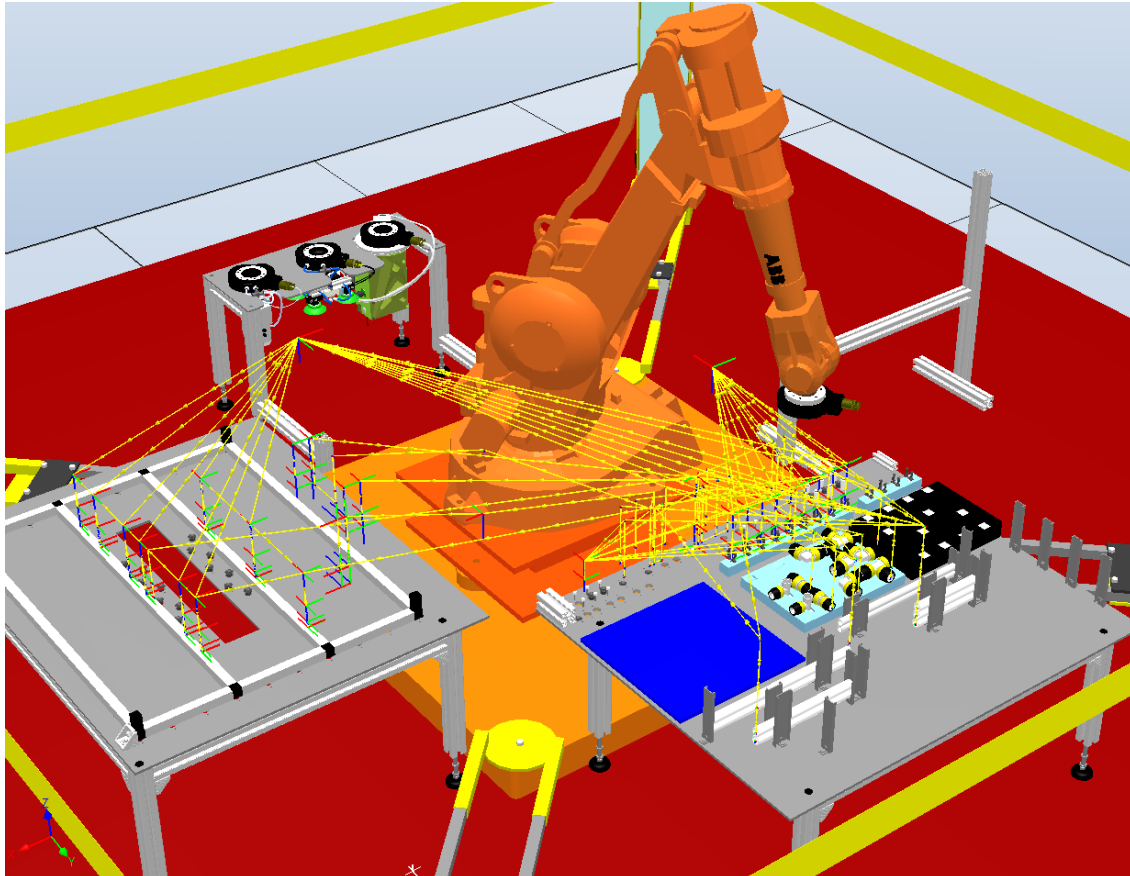


Figura V. 102: Total de trayectorias para la producción del S. de saneamiento de 25mm

La **OPCION 2**, es decir el sistema de saneamiento para tubos de 20 mm consta de dos subdivisiones iguales del módulo D. La opción 2 está diseñada para que encaje con la opción 1. Los reductores de la opción 1 dan cabida a los tubos de 400 mm de la opción 2. Este módulo emplea tubo de 20 mm de diámetro y 400 mm de largo junto con un codo terminal. Para su pre-ensamblaje se utiliza la zona de pre-ensamblaje propia para este diámetro de tubo.

Para conseguir montar el sistema de saneamiento opción 2, hay que unir sobre el bastidor un el módulo D_1 y el D_2. El flujo-grama para la etapa de conformado del sistema de saneamiento de tubo de 20 mm es el siguiente:

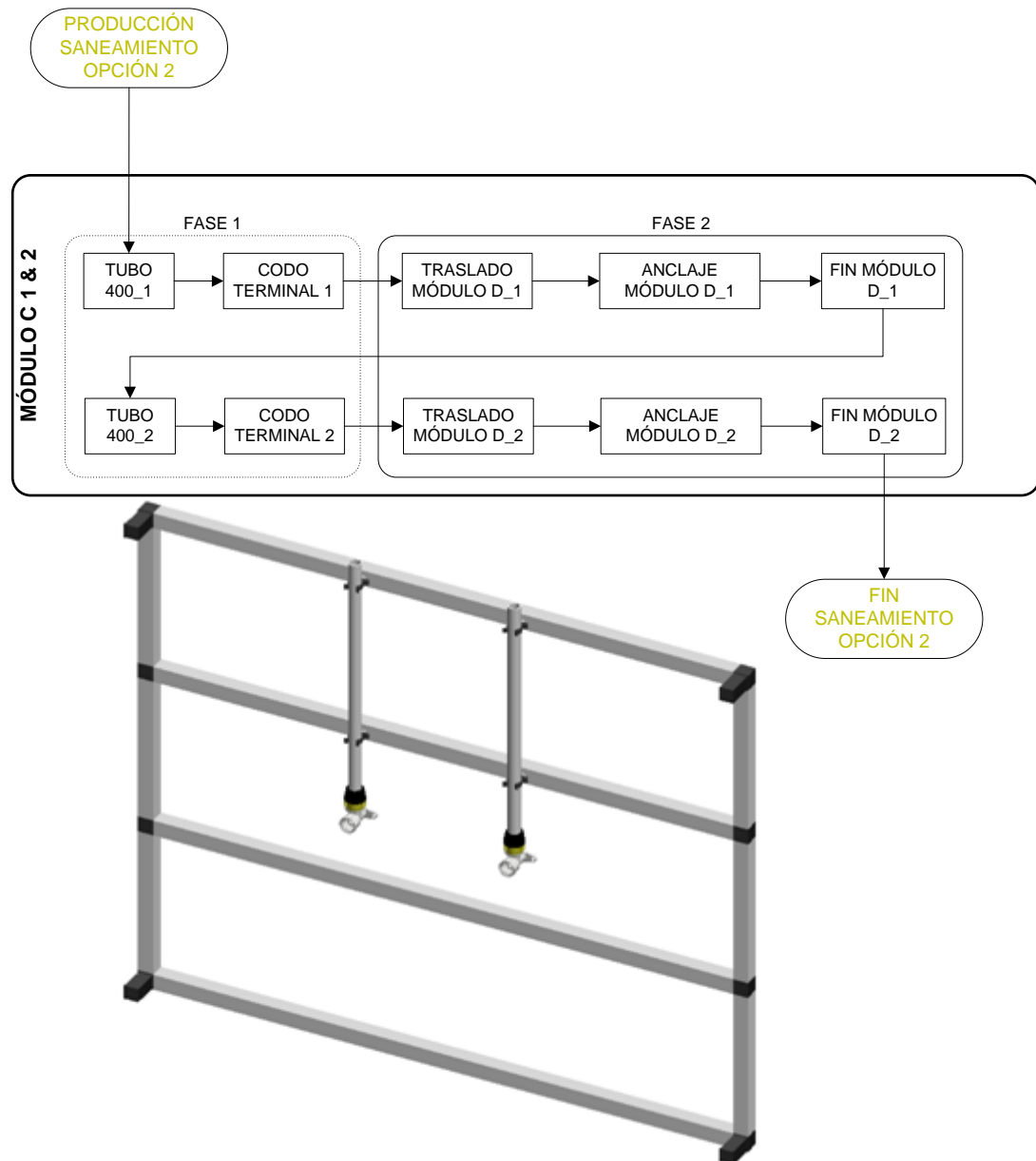


Figura V. 103: Flujo-grama para la producción de saneamiento de 20mm

Para conseguir este sistema de saneamiento, se une en un primer paso el primer módulo D al bastidor acondicionado (taladrado y con abrazaderas) como se muestra en la figura.

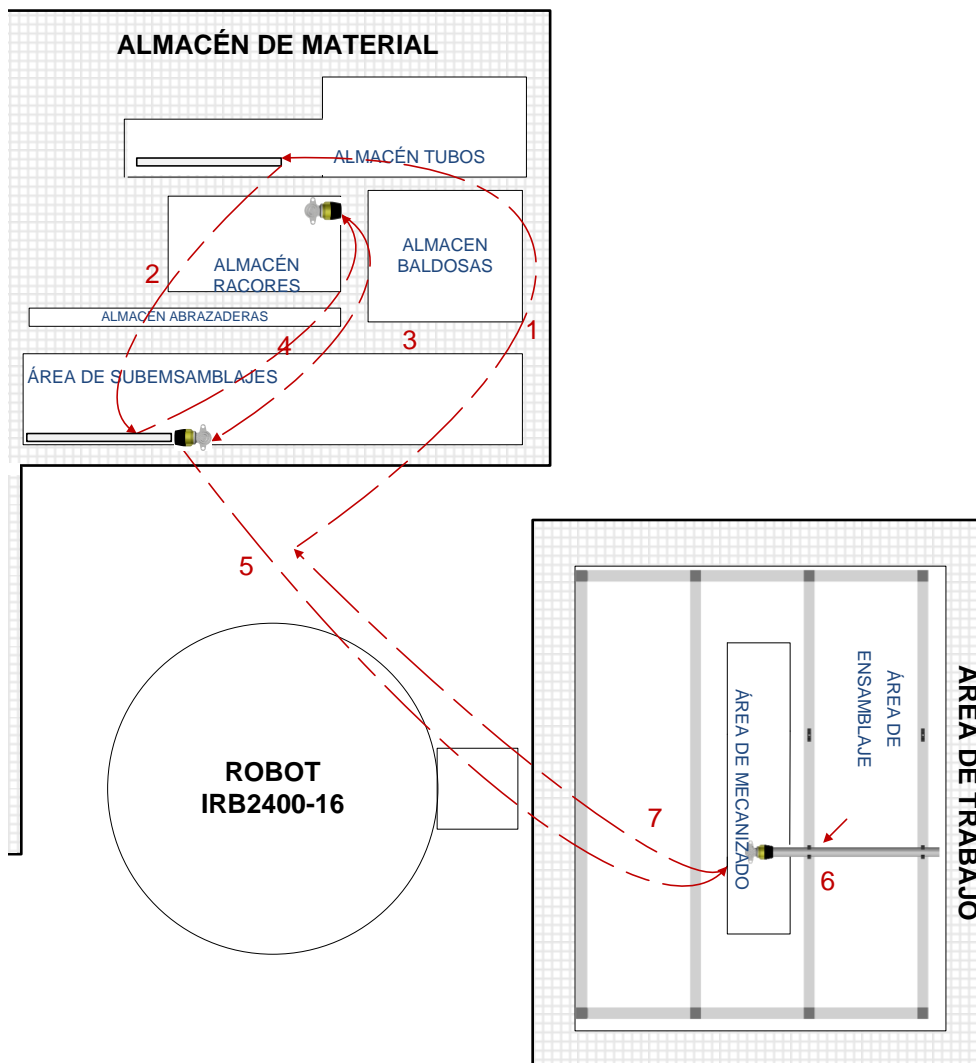


Figura V. 104: Pasos para el ensamblaje del módulo D-1

1. De la posición inicial de la mesa de almacén se coge el tubo400_1
2. Se lleva el tubo400_1 al carril de pre-ensamblaje, y se fija por el tope y las ventosas.
3. Se coge el codo terminal 1 del almacén de racores
4. Se ensambla el codo terminal 1 con el tubo400_1 consiguiendo el módulo D_1
5. Se trasporta el módulo orientándolo adecuadamente para el posterior ensamblaje
6. Se ensambla el módulo a la estructura del bastidor acondicionado
7. Se retorna a la posición inicial de la mesa de almacén

Como se observa en la siguiente figura donde se aprecia la trayectoria que sigue el robot, se hace uso de la línea de sub-ensamblaje para tubos de 20 mm en el lado opuesto de la mesa en que se hacia el de 25mm. Se utilizan seis puntos para el sub-ensamblaje y tres para el amarre de elementos.

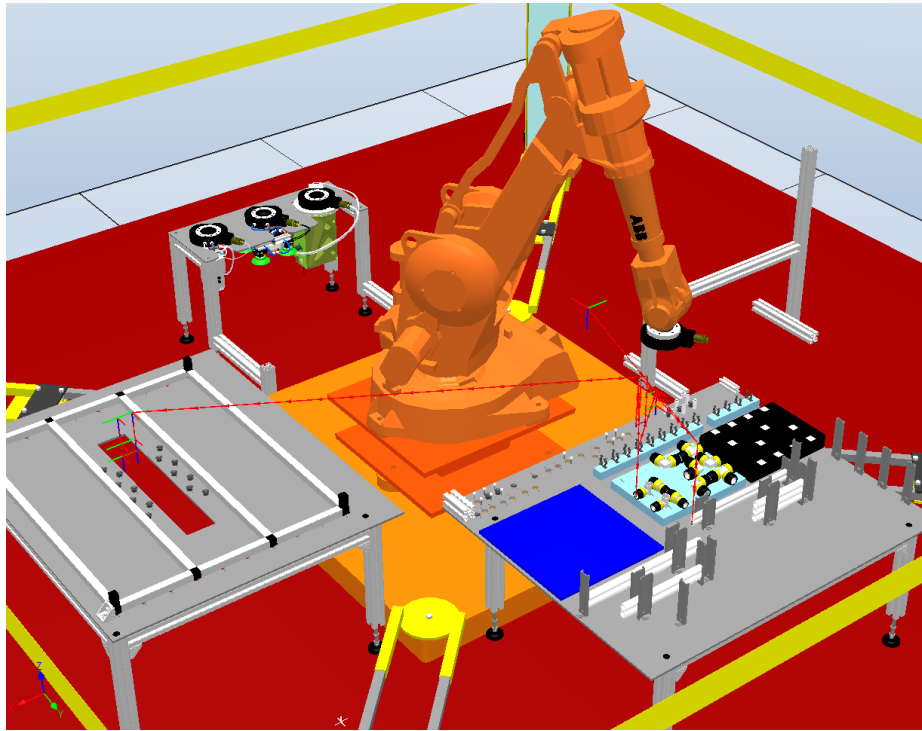


Figura V. 105: Trayectorias para el ensamble del módulo D-1

Una vez anclado el módulo D_1 únicamente hace falta anclar el módulo D_2 para conseguir el sistema de saneamiento pretendido.

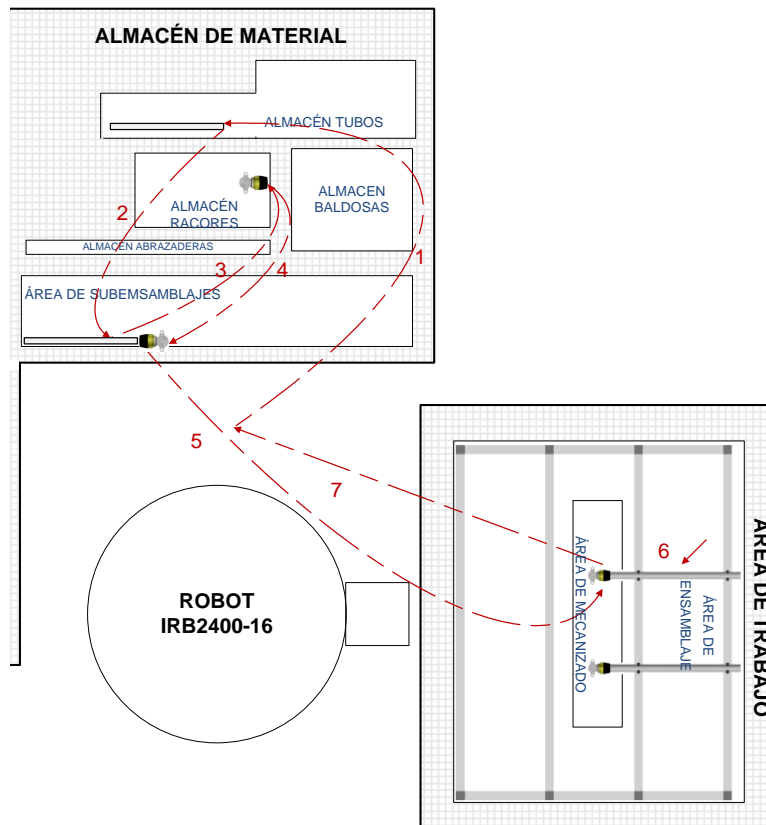


Figura V. 106: Pasos ensamble módulo D-2

1. De la posición inicial de la mesa de almacén se coge el tubo400_1
2. Se lleva el tubo400_1 al carril de pre-ensamblaje, y se fija por el tope y las ventosas.
3. Se coge el codo terminal 1 del almacén de racores
4. Se ensambla el codo terminal 1 con el tubo400_1 consiguiendo el módulo D_1
5. Se trasporta el módulo orientándolo adecuadamente para el posterior ensamblaje
6. Se ensambla el módulo a la estructura del bastidor acondicionado. Se ha conseguido el sistema de saneamiento OPCION 2
7. Se retorna a la posición inicial de la mesa de almacén

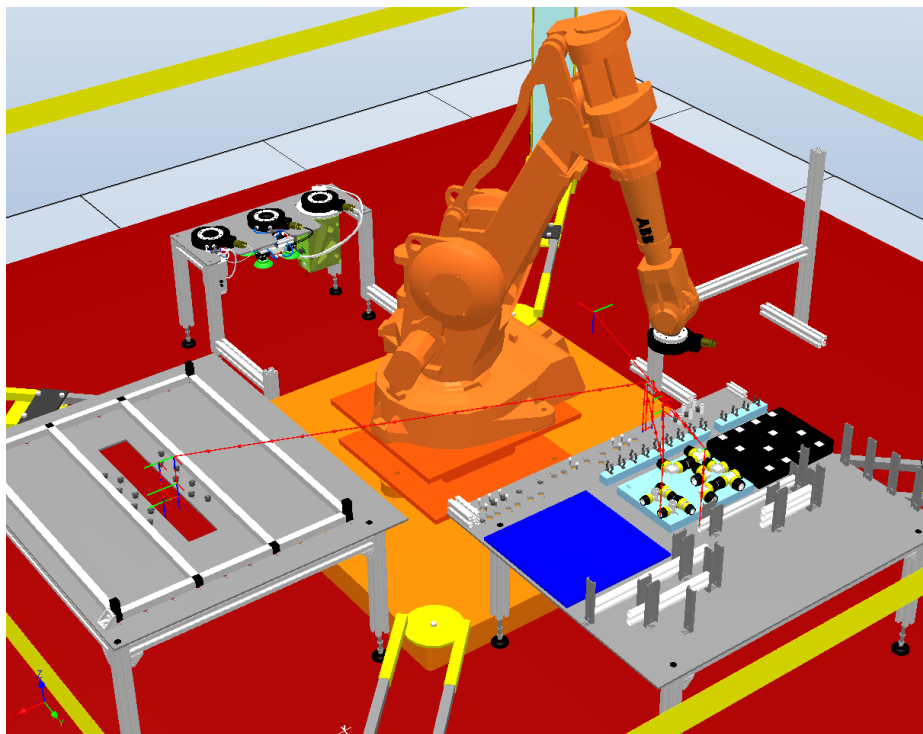


Figura V. 107: Trayectorias para el ensamblado del módulo D-2

Para el ensamblaje del módulo D2 se siguen los pasos planteados con el módulo D1. Para coger elementos se utilizan tres puntos, mientras que para los sub-ensamblajes se utilizan tres.

En la siguiente imagen se muestran todos los puntos y trayectorias implicados en el ensamblaje del sistema de saneamiento para tubos de 20 mm, donde se puede apreciar la complejidad y el trabajo necesario para realizarlo.

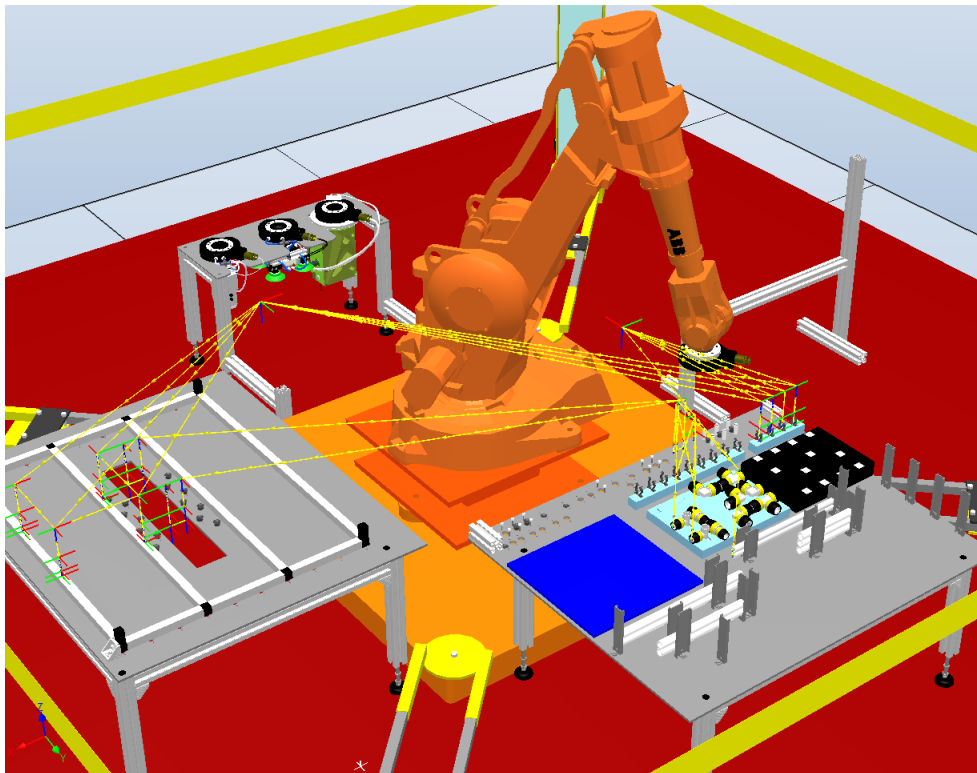


Figura V. 108: Total de trayectorias para obtener el S. de saneamiento de 20mm

- Mecanizado de baldosas.

En este apartado se describe el proceso referente al mecanizado de baldosas. Como se ha visto en el Capítulo III, este proceso consiste en el corte de unas formas específicas mediante la herramienta de mecanizado. En la totalidad de proceso no solo se utiliza la herramienta de mecanizado, También se emplea una garra neumática, para las funciones de transporte y manipulación de la baldosa. El único material empleado son las baldosas que se quieren cortar.

El proceso de mecanizado realizado en este proyecto fin de carrera corresponde con el corte_B visto en el Capítulo IV, que corresponde con el corte de treinta piezas de puzle distintas y sin ninguna simetría. De cada baldosa se puede realizar el corte de cuatro piezas. Como se muestra en la siguiente imagen hay 30 fichas, las cuales quedan agrupadas en sectores, grupos de 4 fichas. Cada sector ocuparía algo menos que una baldosa, luego de cada baldosa pueden sacarse cuatro fichas. Hay 3 sectores en los cuales las fichas se repiten al ser el número de filas impares. Estas son las fichas 6-9-14-17-24-27. Hay dos colores de baldosas disponibles, azul y blanco.

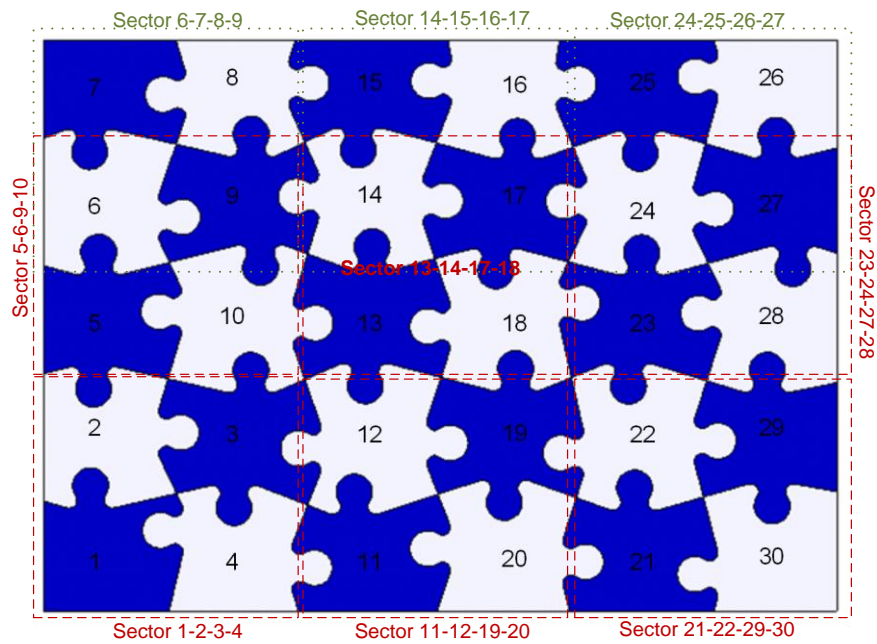


Figura V. 109: División en módulos para mecanizado piezas pequeñas

Una vez definidos los mecanizados que se quieren realizar, se diseña el proceso correspondiente. El proceso está dividido en dos etapas:

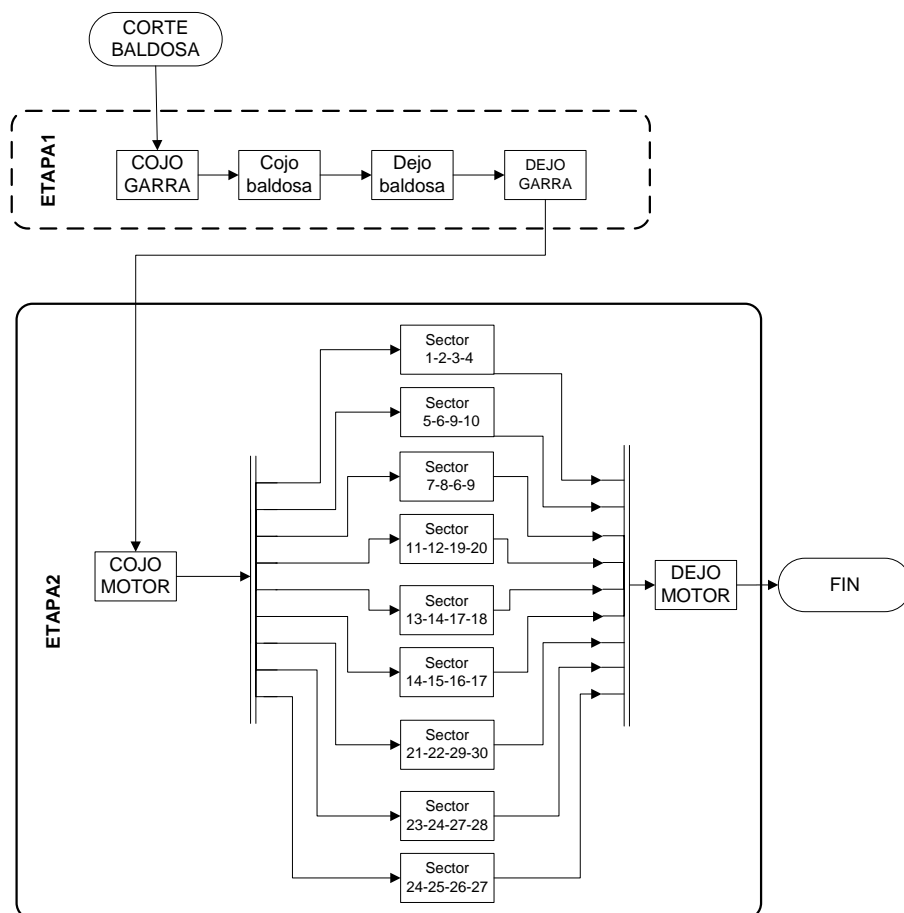


Figura V. 110: Flujo-grama mecanizado fichas pequeñas

Como se puede ver la totalidad del proceso conlleva el mecanizado de un gran número de piezas (30). También se puede apreciar que el proceso sigue los mismos pasos en todos los sectores y a su vez en todas las fichas. Para la comprensión del proceso de mecanizado de una piza cualquiera se descompone dicho proceso en dos etapas:

- Manipulación de la baldosa
- Mecanizado de la baldosa

En los siguientes apartados, para una mejor comprensión del diagrama de flujo, se muestran las funciones realizadas en cada etapa sobre el layout de la estación:

Etapal: MANIPULACIÓN DE LA BALDOSA:

En esta etapa, mediante la garra neumática, se manipula la baldosa a mecanizar, transportándola desde el almacén de baldosas, hasta el área de mecanizado.

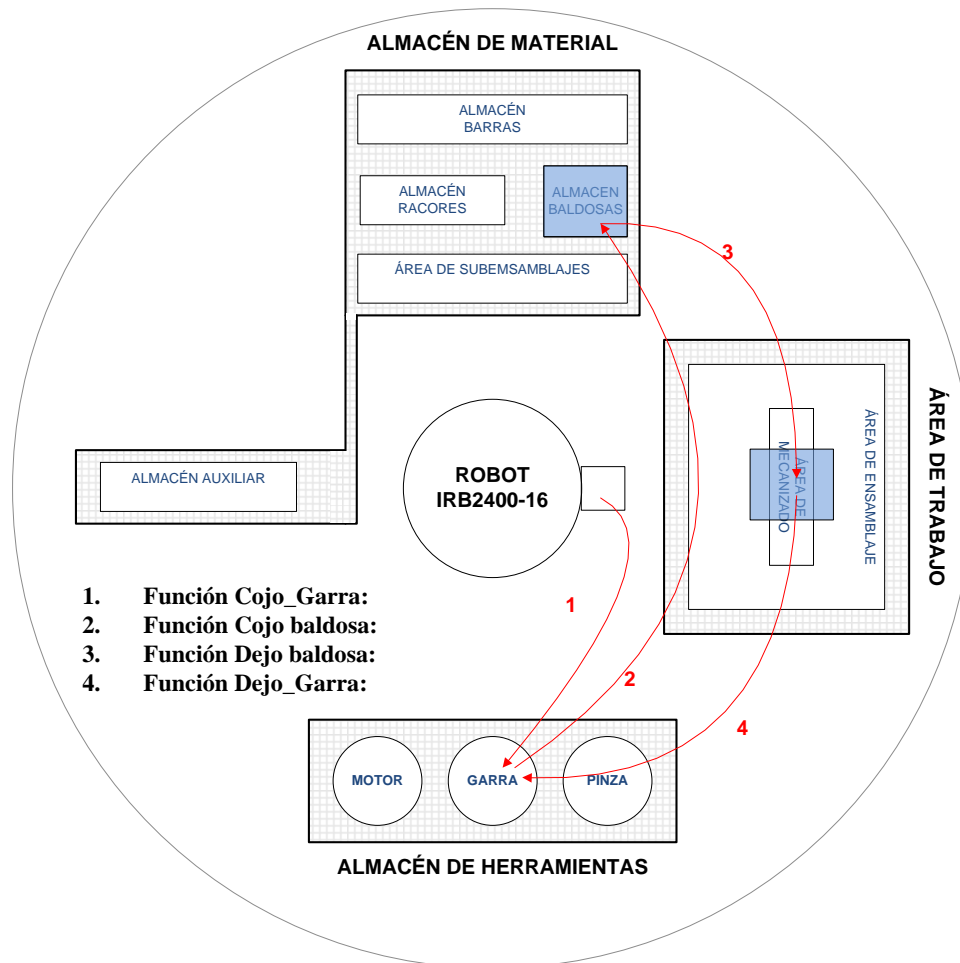


Figura V. 111: Pasos para manipulación de la baldosa

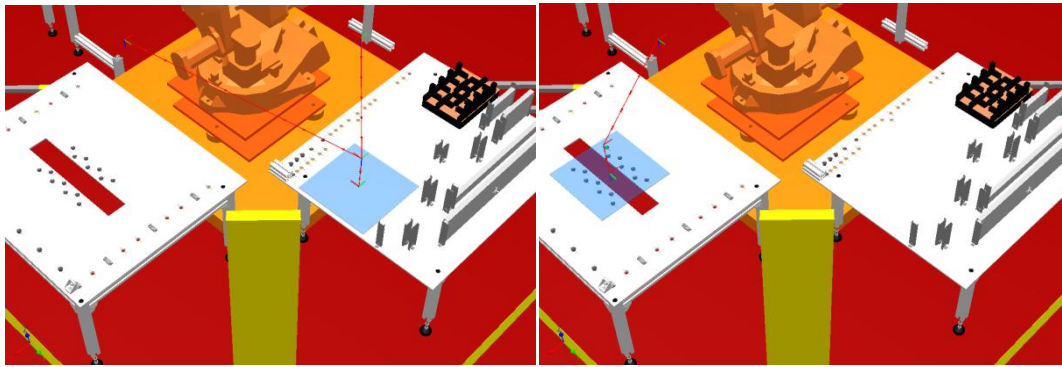


Figura V. 112: Trayectorias de manipulación de la baldosa

Como se puede apreciar resulta una trayectoria muy sencilla, únicamente intervienen tres puntos para coger la baldosa y tres para soltarla. En ambos casos se utilizan dos para la aproximación de la garra y uno para la unión/desunión.

- ETAPA2: Mecanizado de la baldosa:

Una vez dispuesta la baldosa para ser mecanizada, en esta etapa, se realizan los distintos cortes dependiendo de la pieza que se quiera fabricar. Dichos cortes se realizan mediante la herramienta de mecanizado provista de una fresa.

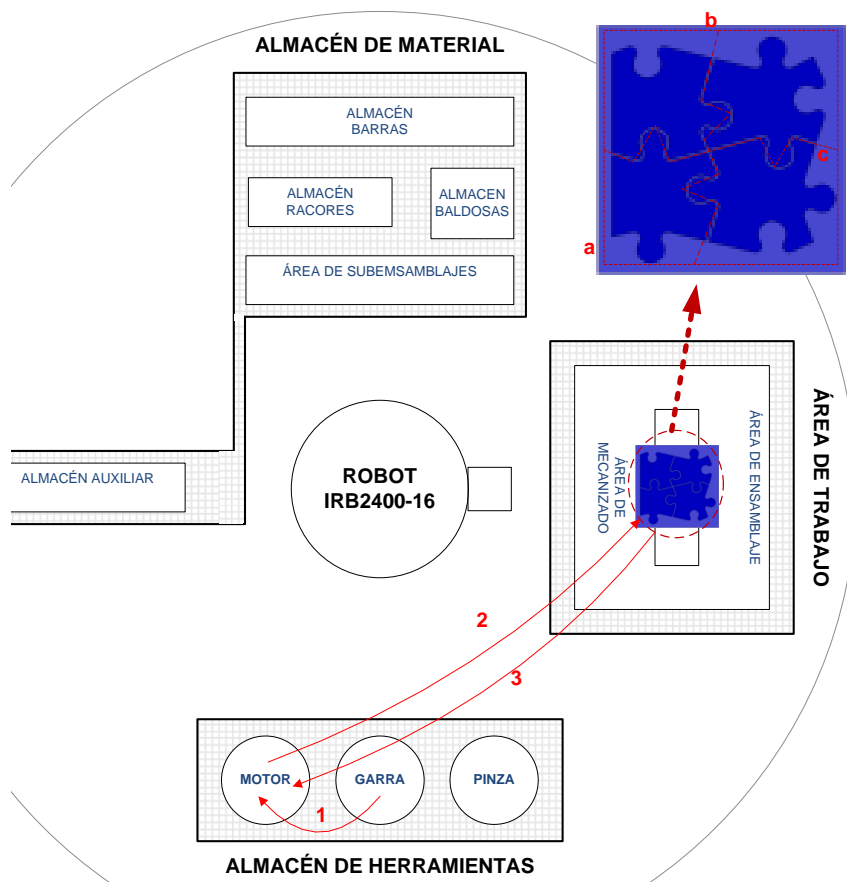


Figura V. 113: Pasos para mecanizado de la baldosa

1. Función Cojo_Motor
2. Función Corto Sector 'x':
 - a. Corte contorno: se mecaniza de forma que queda el contorno del sector X
 - b. Corte X: Se trata de un corte transversal que divide el sector en dos.
 - c. Corte Y: El sector dividido en dos, se mecaniza de quedando 4 piezas
3. Función Dejo_motor

La creación de puntos para el mecanizado de las baldosas debido a la complejidad de la trayectoria a seguir por el robot, ha sido realizada mediante diversas funciones del programa. Primero se deben importar los modelos CAD de las piezas a cortar, y colocarlos donde van a ser realizados los mecanizados. Una vez colocadas en el lugar correspondiente, mediante la opción “crear curva alrededor de superficie” crearemos la curva que debe describir el robot para realizar el mecanizado deseado. Mediante la opción “crear trayectoria a partir de curva” se crearán de manera automática mediante la asignación de algunos parámetros, una serie de puntos alrededor de dicha curva, quedando la trayectoria completamente definida. En las siguientes imágenes se pueden ver las trayectorias descritas en este proceso, donde se han obviado las correspondientes con los cambios de herramienta debido a que ya han sido comentadas:

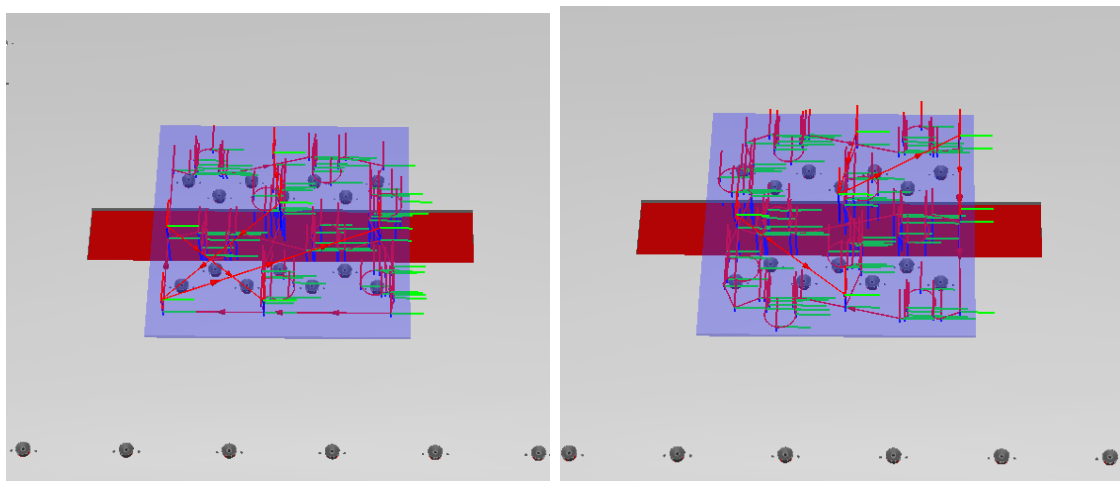


Figura V. 114: Trayectorias de mecanizado de piezas pequeñas I

Tanto en las figuras superiores como en la inferior se puede apreciar la trayectoria descrita por el robot, como vemos se hace una pasada inicial donde se mecaniza el borde, y luego dos transversales para obtener las cuatro piezas de cada sector.

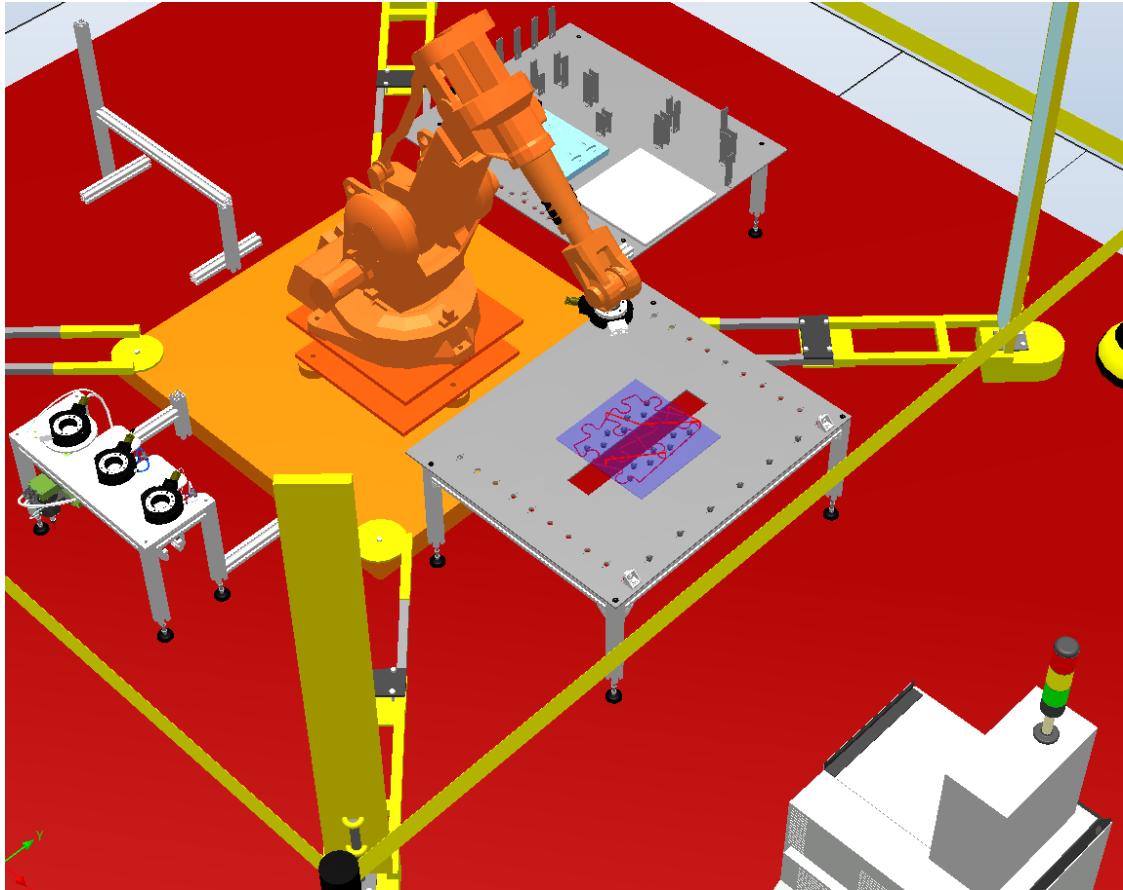


Figura V. 115: Trayectorias de mecanizado de piezas pequeñas II

5.2.2.4 Creación de programas RAPID

Una vez calculadas y creadas todas las trayectorias que el robot debe seguir para la ejecución de los distintos procesos, el propio programa ROBOTSTUDIO crea el programa RAPID, sincronizando la estación con el controlador virtual.

Una vez se dispone del código RAPID, es necesario añadir instrucciones de activación y desactivación de las señales virtuales para que la tabla de eventos pueda desempeñar su función, y la simulación se desarrolle de manera correcta. Para simular que el robot coge algún elemento (tanto herramientas como el material) se debe activar la señal correspondiente mediante la función “Set” cuando el robot alcance el punto en el que entran en contacto. Del mismo modo, para simular que el robot suelta el material que ha transportado, se debe desactivar la señal correspondiente mediante la función “Reset” cuando el robot alcance el punto en el que se quiere depositar.

Además, para que la simulación se desarrolle correctamente, después de la instrucción que sitúa el robot en el punto donde se coge o se suelta el elemento deseado, se añade la instrucción “waittime” para que el robot le dé tiempo a posicionarse exactamente en el punto deseado.

Estos programas no se encuentran en este documento debido a la extensión que poseen. En su lugar, en los anexos en el apartado Programas rapid para el robot real se encuentran los programas para el robot real que son idénticos excepto algunos cambios realizados descritos en la puesta en marcha software en el capítulo siguiente.

5.2.2.5 Simulación.

Una vez creado el programa RAPID con las instrucciones oportunas de activación/desactivación de señales correspondientes a las comentadas en la tabla de eventos, la célula robotizada virtual está preparada para simular todos los procesos diseñados. A continuación se muestran diversas imágenes obtenidas a partir de las simulaciones realizadas donde se puede apreciar el correcto funcionamiento del diseño software realizado:

- Ensamblado del bastidor del módulo de aguas

ETAPA 1: Preparación del bastidor

- SERVICECORE CON TUBOS DE 25 mm

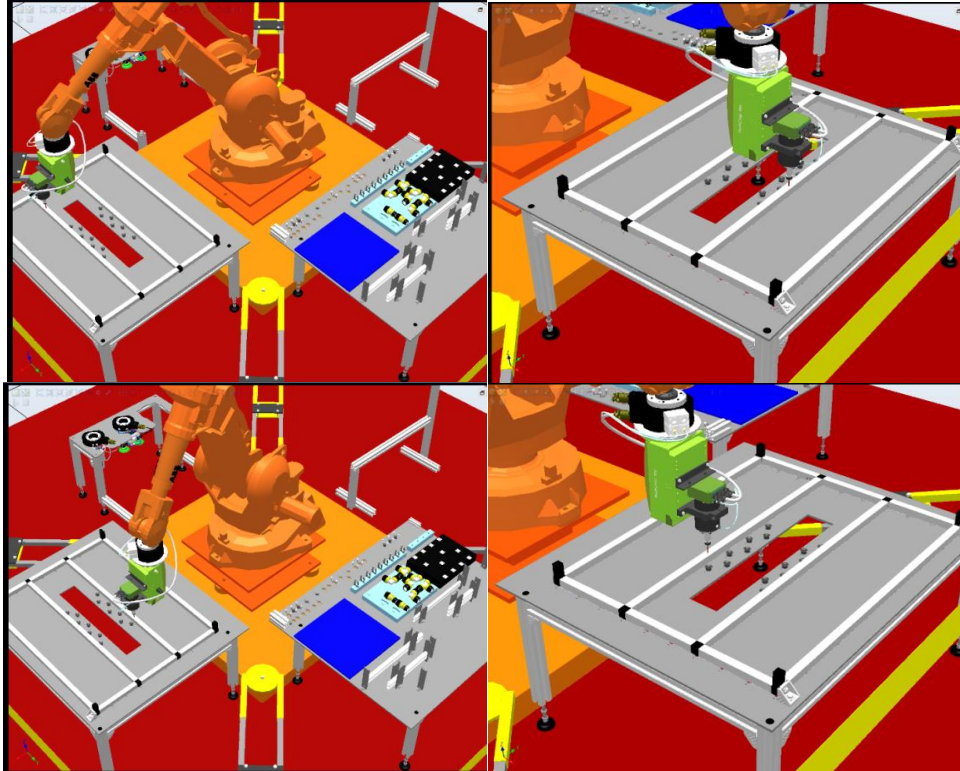


Figura V. 116: Simulación preparación bastidor de 25mm

- SERVICECORE CON TUBOS DE 20 mm

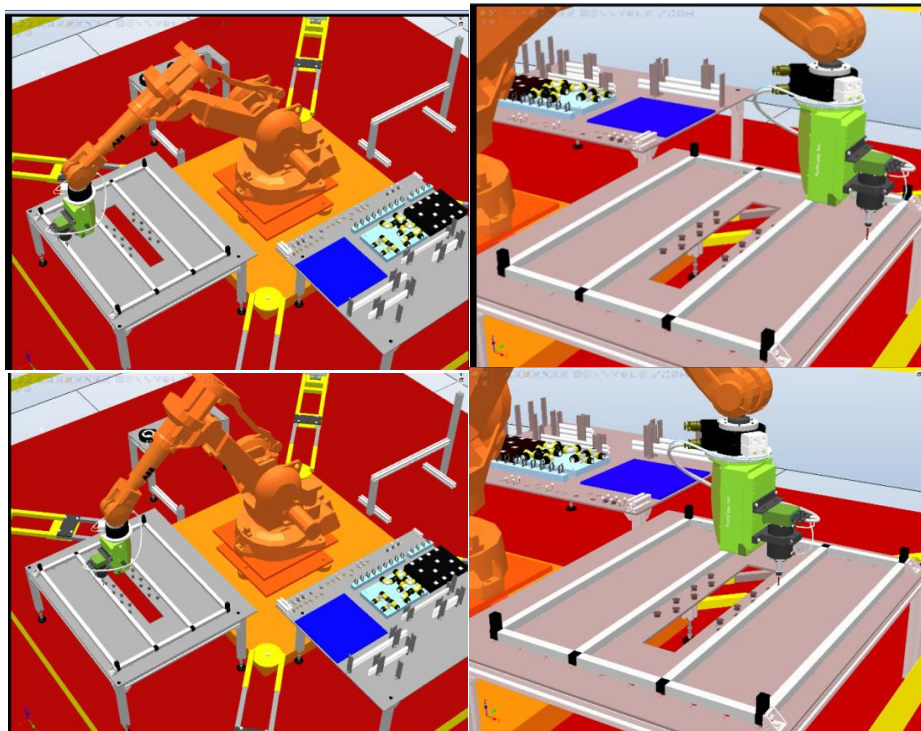


Figura V. 117: Simulación preparación bastidor de 20mm

ETAPA2: Acoplo abrazaderas

- SERVICECORE CON TUBOS DE 25 mm

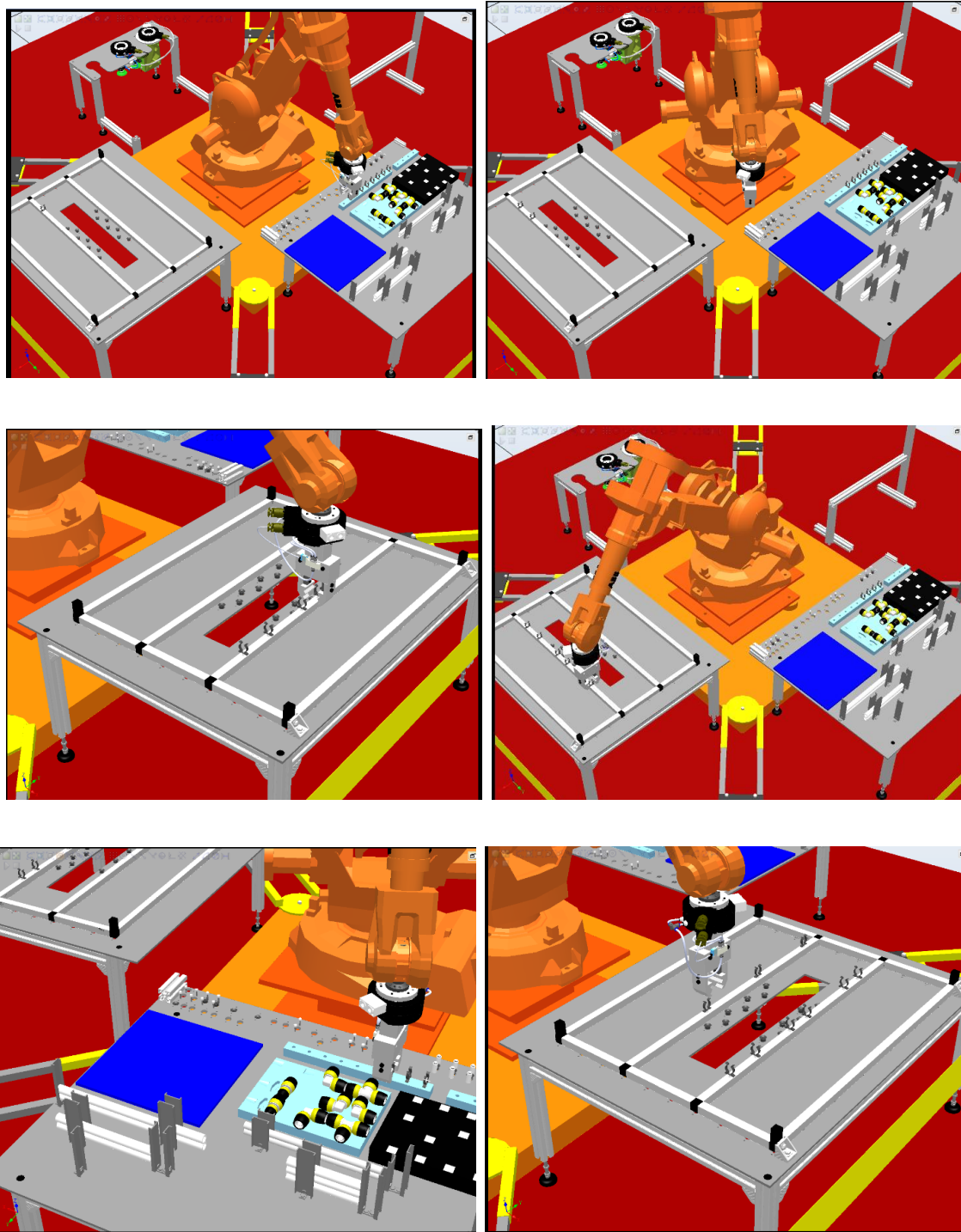


Figura V. 118: Simulación acoplo abrazaderas de saneamiento 25mm

SERVICECORE CON TUBOS DE 20 mm

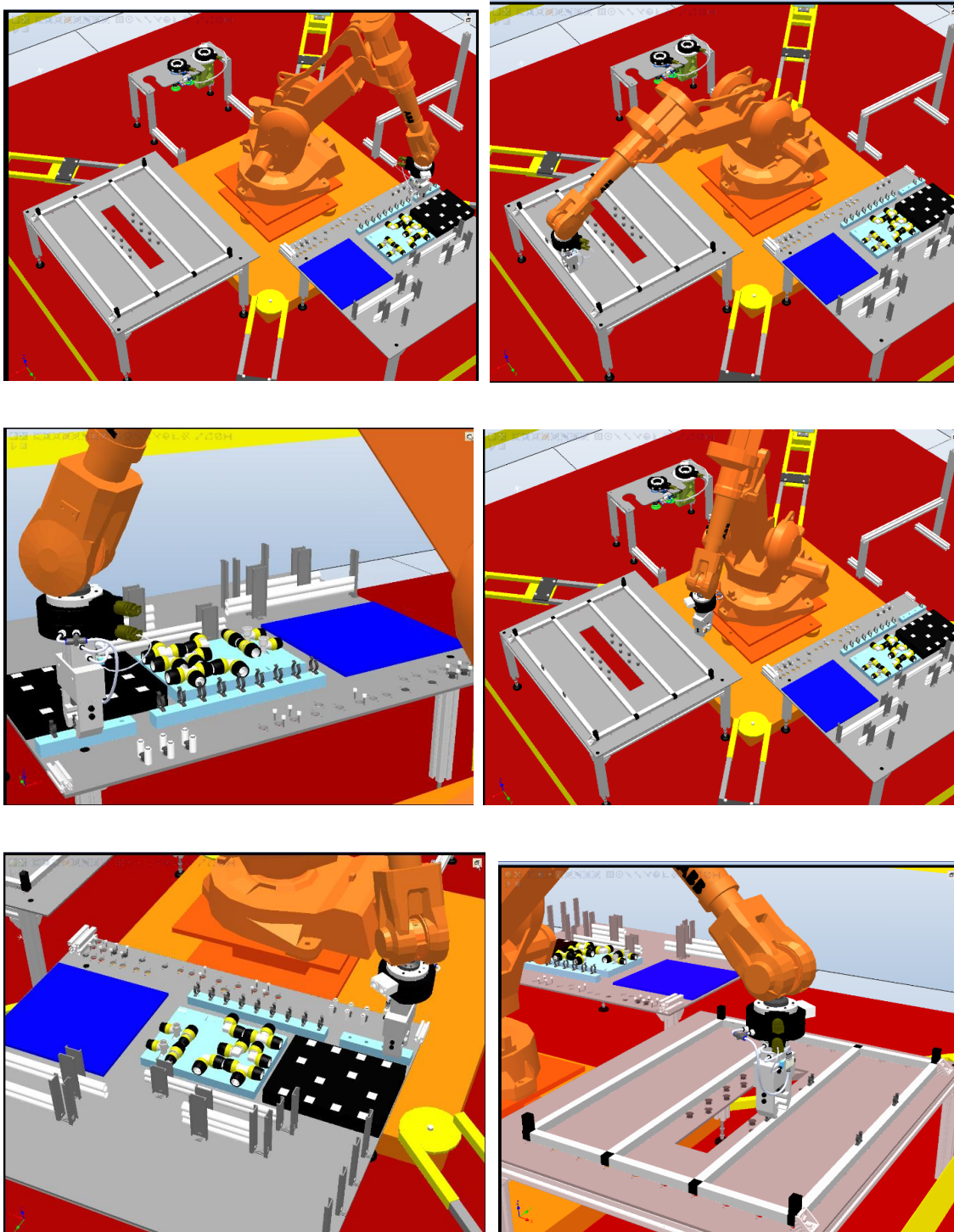
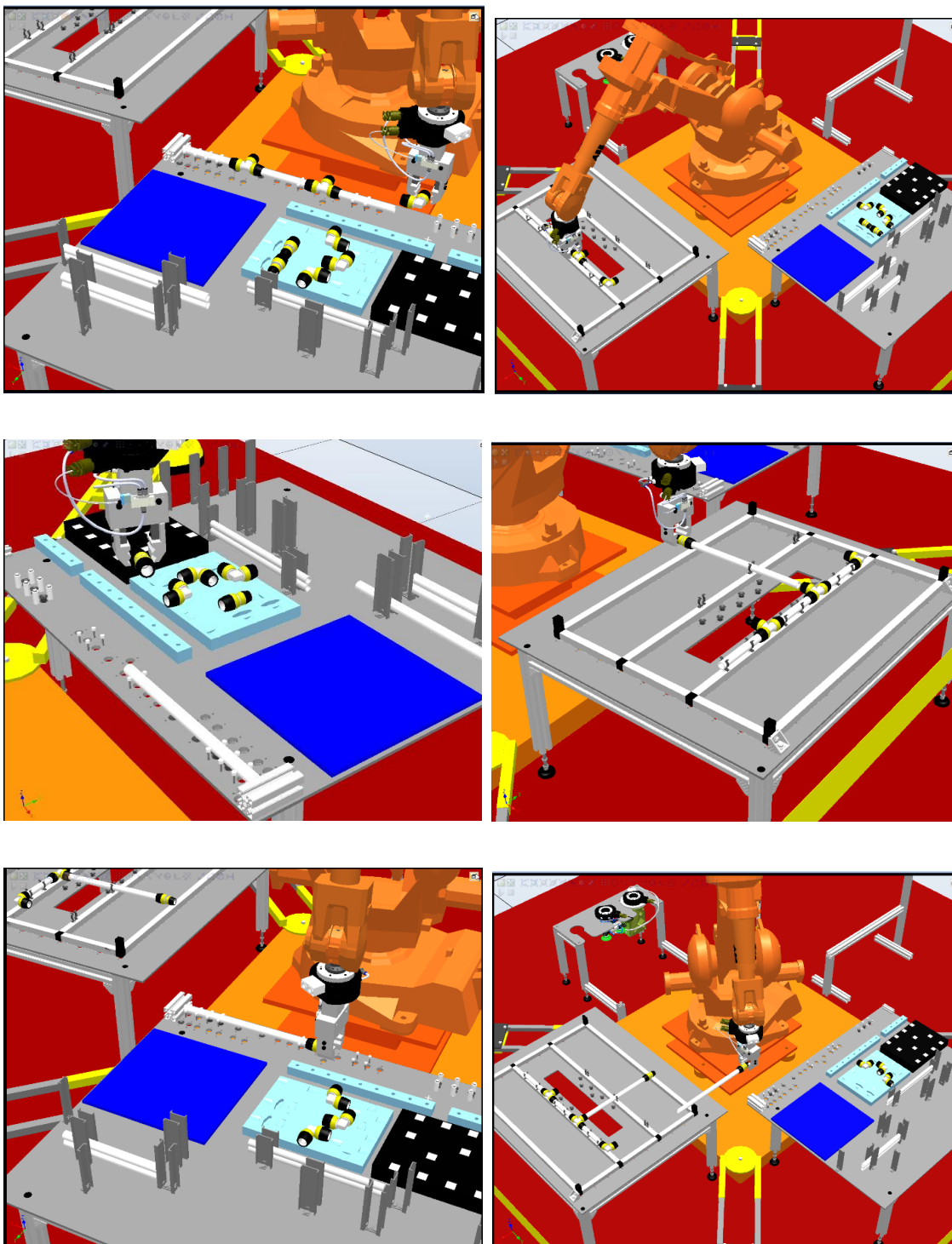


Figura V. 119: Simulación acoplo abrazaderas de saneamiento 20mm

ETAPA3: Producción saneamiento

- SERVICECORE CON TUBOS DE 25 mm



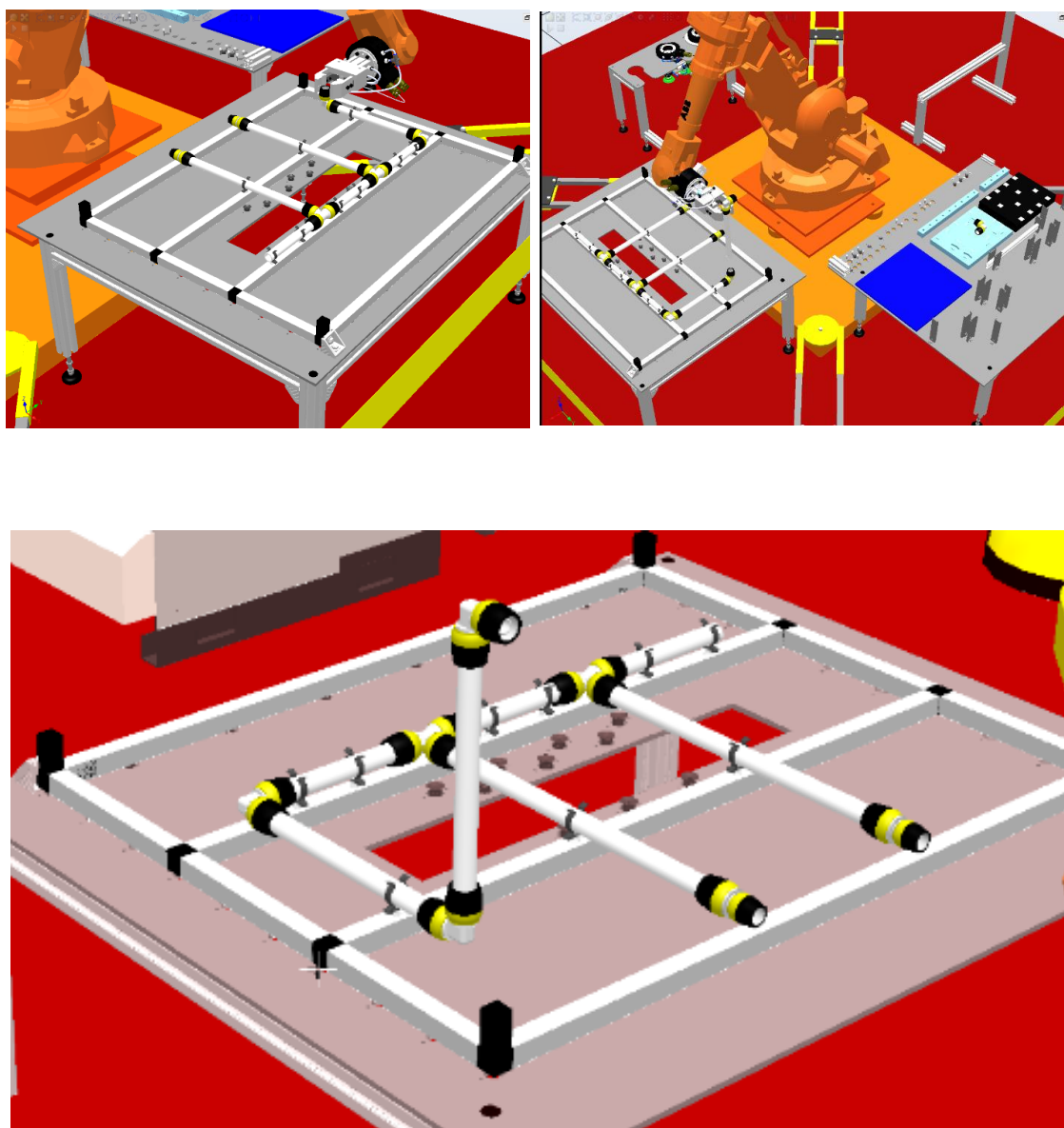


Figura V. 120: Simulación producción saneamiento 25mm

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

- SERVICECORE CON TUBOS DE 20 mm

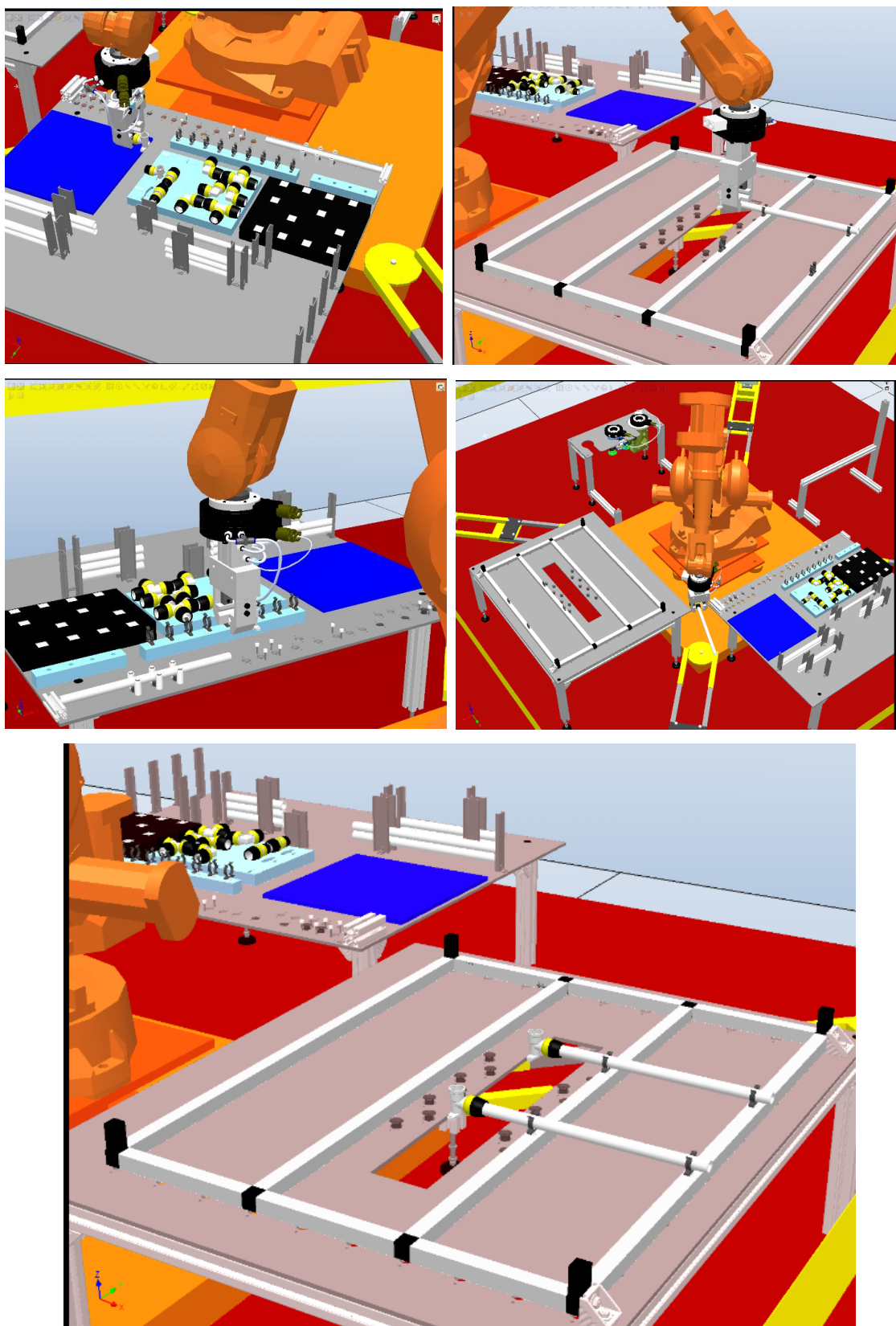
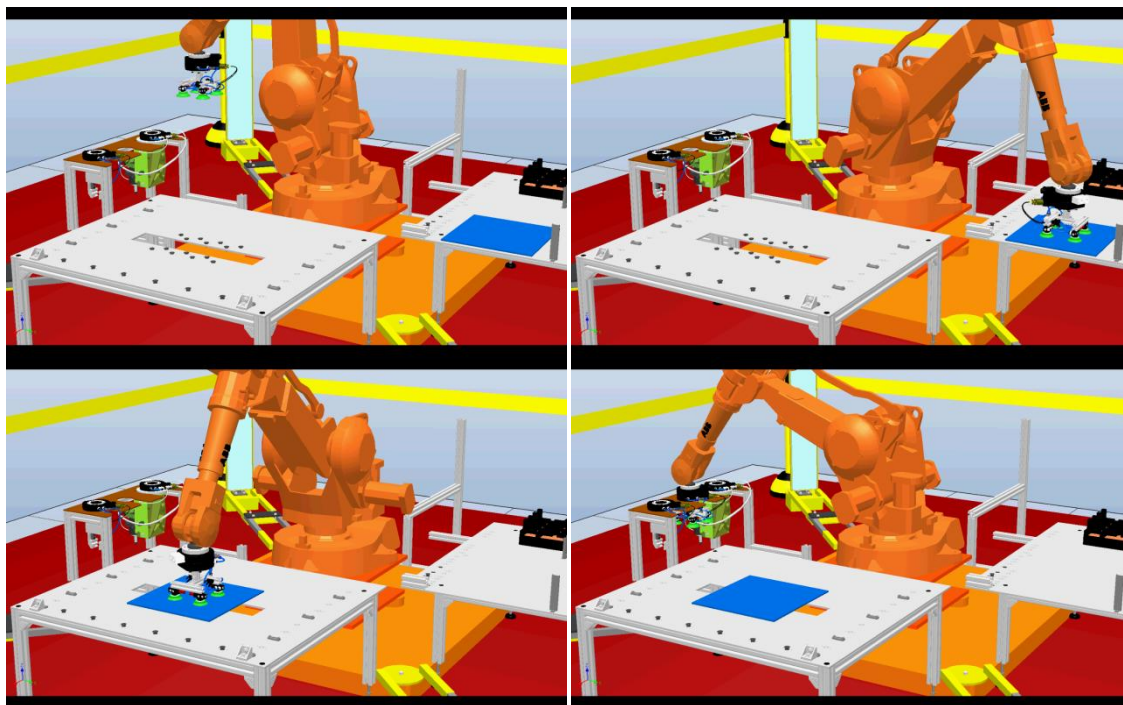


Figura V. 121: Simulación producción saneamiento 25mm

- Mecanizado baldosas pequeñas

Etapas1: Manipulación de la baldosa.



Etapas2: Mecanizado de la baldosa.

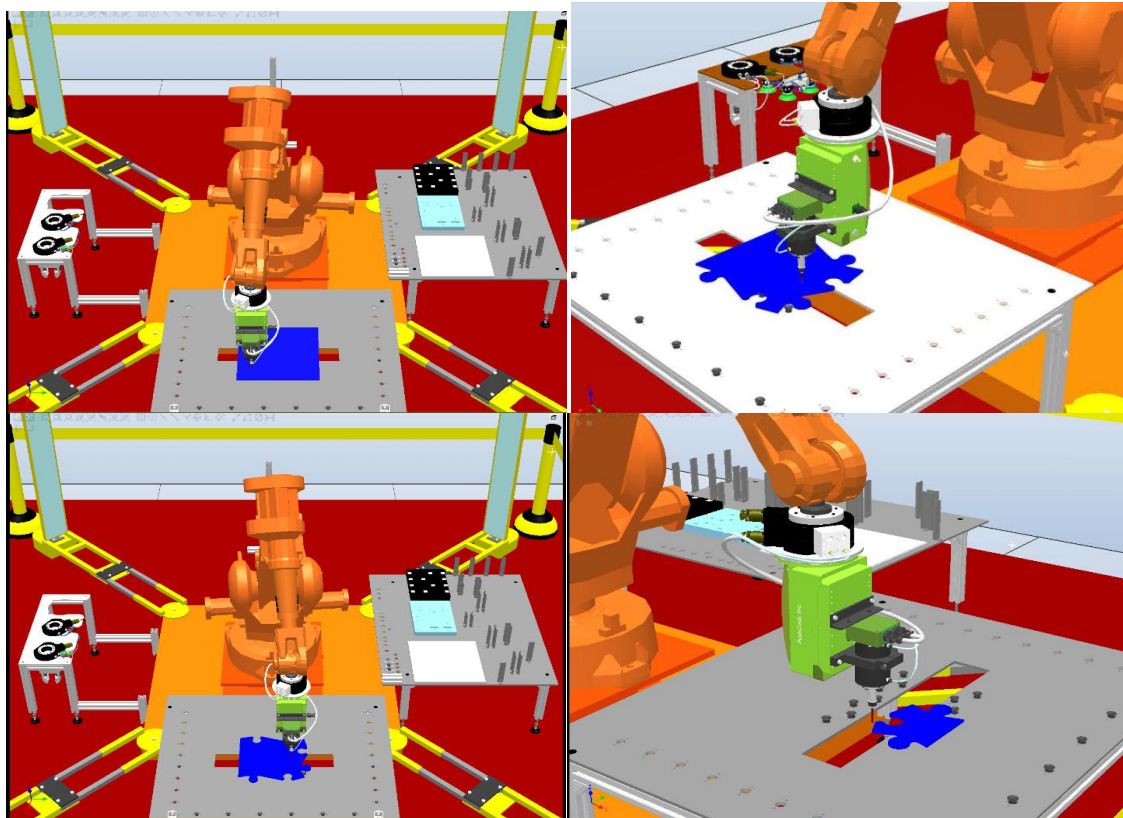


Figura V. 122: Simulación mecanizado baldosas pequeñas

5.2.4 Conclusiones Simulación Virtual

Realmente estos sistemas se ubican entre la fase de diseño de las instalaciones y la fase de producción, dándoseles el nombre de IPAO (Ingeniería de Procesos Asistida por Ordenador).

Actualmente el software de simulación es la clave para la optimización del diseño: el modelo de la instalación comienza a funcionar virtualmente en el ordenador, de esta manera, el diseñador puede analizar gráficamente:

- Alcance de los robots.
- Factibilidad de la instalación
- Accesibilidad de las herramientas.
- Colisiones con los mecanismos de la instalación.
- Tiempos de ciclo.
- Geometría de los utillajes.
- Distribución de las operaciones en células multi-robots.

A través de la simulación se pretende eliminar al máximo tanto el tiempo de diseño previo a la instalación como también el de puesta a punto de la misma, llegando incluso a eliminar la necesidad de programar al robot en la línea. Las principales ventajas que aporta la simulación virtual:

- La reducción de costes.
- El aumento de la productividad.
- La mejora de la calidad en la producción.
- La eliminación de condiciones peligrosas de trabajo o mejora de las mismas

La simulación es una herramienta hoy en día que toma cada vez más fuerza convirtiéndose en la mejor opción de desarrollo de procesos de producción industrial



VI. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

6.1 Puesta en marcha hardware.

Como se vio en el Capítulo I, la puesta en marcha de la célula de fabricación flexible robotizada se ha realizado en el laboratorio del departamento de Sistemas y Automática de la Universidad Carlos III de Madrid.

En este apartado se describe la puesta en marcha del diseño hardware realizado por el presente Proyecto Fin de Carrera visto en el capítulo anterior. Se ha dividido en la puesta en marcha de los sistemas para las tres áreas que componen la célula:

- Puesta en marcha del área del sistema robótico.
- Puesta en marcha del área de almacén.
- Puesta en marcha del área de trabajo.

6.1.1 Puesta en marcha del área del sistema robótico.

Los sistemas desarrollados en esta área por el presente Proyecto Fin de Carrera son:

- Puesta en marcha de la pinza mecánica.
- Puesta en marcha de la herramienta de mecanizado
- Puesta en marcha del circuito neumático

6.1.1.1 Puesta en marcha de la pinza mecánica

Para la puesta en marcha de la pinza mecánica se ha ensamblado los dedos efectores que proporcionan el agarre al cuerpo de la pinza según el diseño realizado. Posteriormente se ha llevado a cavo la fijación de la electroválvula y también se ha procedido al conexionado del circuito electro-neumático que controla las funciones de la pinza. Dicho conexionado consiste por un lado en el circuito neumático que distribuye el aire de llegada al cuerpo de la pinza y por otro lado el cable eléctrico de la electroválvula V2 que controla el sistema. Para el circuito neumático se ha empleado tubo de 6mm y 4mm de diámetro y diferentes tipos de racores de conexión rápida, mientras que para el eléctrico se ha desarrollado un cable, mostrado en la figura siguiente, formado por un cable bipolar, para la válvula, ambos conectados al conector R19 del sistema de cambio de herramienta según la siguiente tabla:

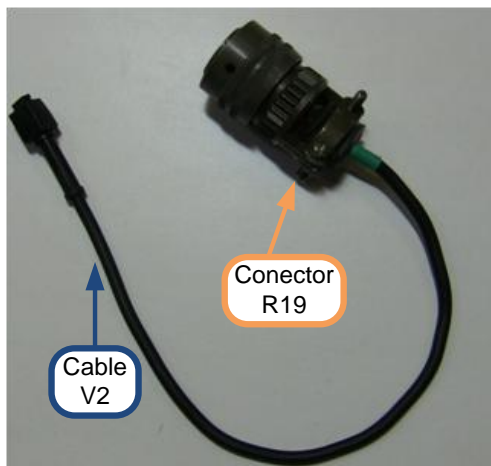


Tabla VI. 1: Conexiones del cable de pinza mecánica

	Pin R19	Señal IRC5
Cable V2	L	Do10_2
	N	GND

Figura VI. 1: Cable pinza mecánica

En la siguiente imagen se muestra el resultado de la puesta en marcha de la garra neumática señalando los componentes principales:

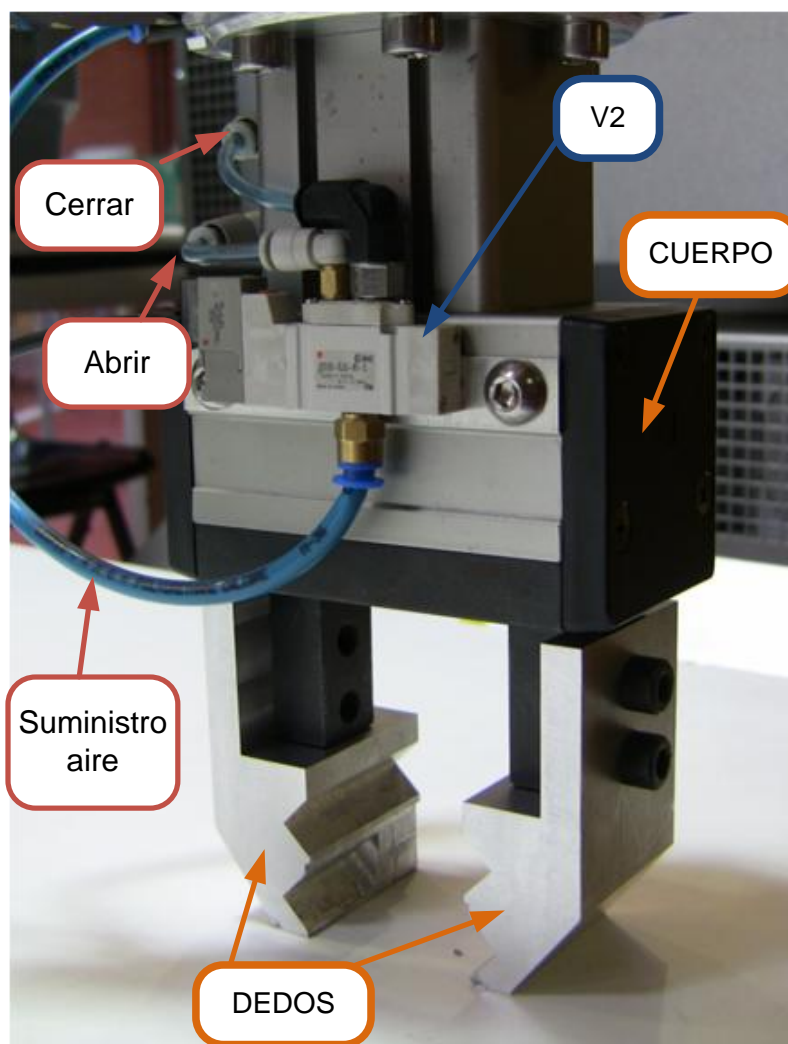


Figura VI. 2: Puesta en marcha de la pinza mecánica

6.1.1.2 Puesta en marcha de la herramienta de mecanizado

Para la puesta en marcha de la herramienta de mecanizado en primer lugar se ha procedido al anclaje de los dos elementos principales el servo-motor SM3002 y el sensor AFD-71 mediante una brida de unión con forma de 'L' proporcionada por el fabricante 'PUSHCORN' y al acoplamiento de la punta en el motor, como se explico en los diseños previos. Una vez lograda la estructura física de la herramienta de mecanizado se ha procedido al conexionado eléctrico de las señales necesarias, tanto de potencia como de control, para el correcto funcionamiento de dicha herramienta. Para ello se ha realizado un cable que une las señales procedentes del conector R19 del sistema de cambio de herramienta a los diferentes conectores de la herramienta según la siguiente tabla:

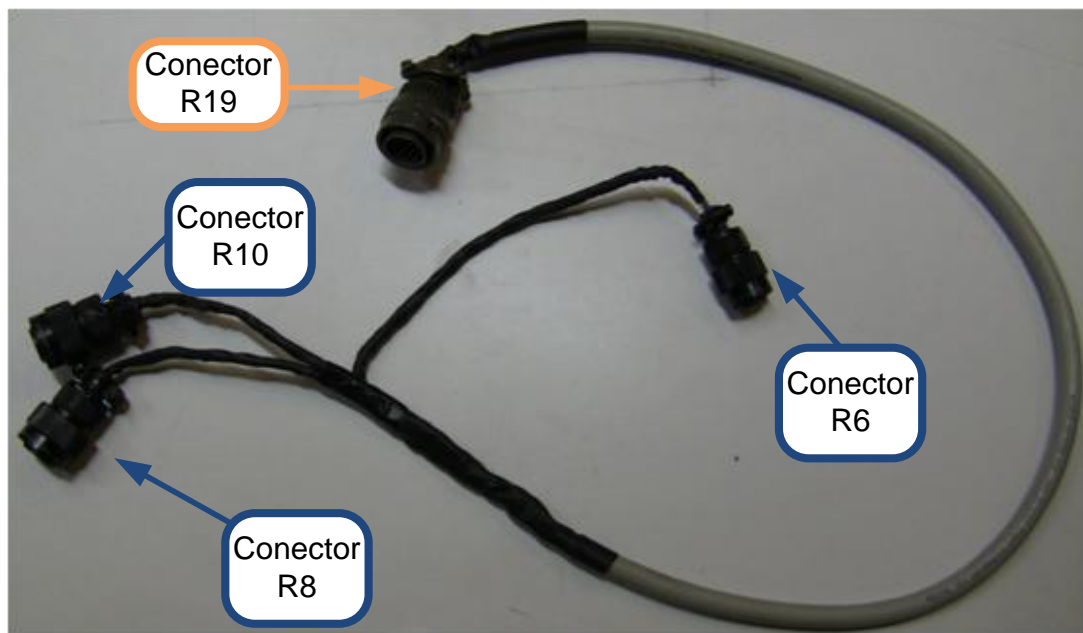


Figura VI. 3: Implementación eléctrica herramienta de mecanizado

El conexionado eléctrico del resto de elementos imprescindibles para el funcionamiento de la herramienta de mecanizado se comentara en la puesta en marcha del circuito eléctrico completo. Estos elementos son el controlador B30A40C, el DAC o el sistema de refrigeración.

En la siguiente figura se puede observar el conexionado neumático. Este consiste como ya se indicó en el respectivo diseño del Capítulo V, en el regulador de presión, que se integra directamente en el sistema de detección de herramienta. Se utiliza un tubo de 4mm de diámetro para el abastecimiento al AFD70-1. El sistema queda de la siguiente forma:

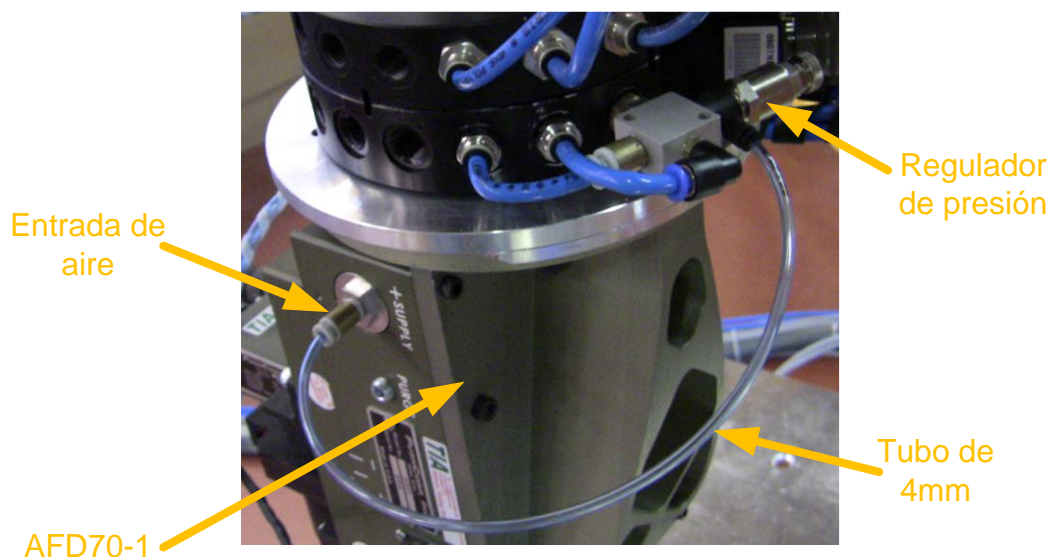


Figura VI. 4: Implementación neumática herramienta de mecanizado

En el caso del sistema de refrigeración, el líquido refrigerante circula directamente desde el Coolmates 3 hasta el Toolchanger, y de este al motor. Se utiliza un tubo de 6mm de diámetro. En la siguiente imagen se puede ver el circuito de refrigeración

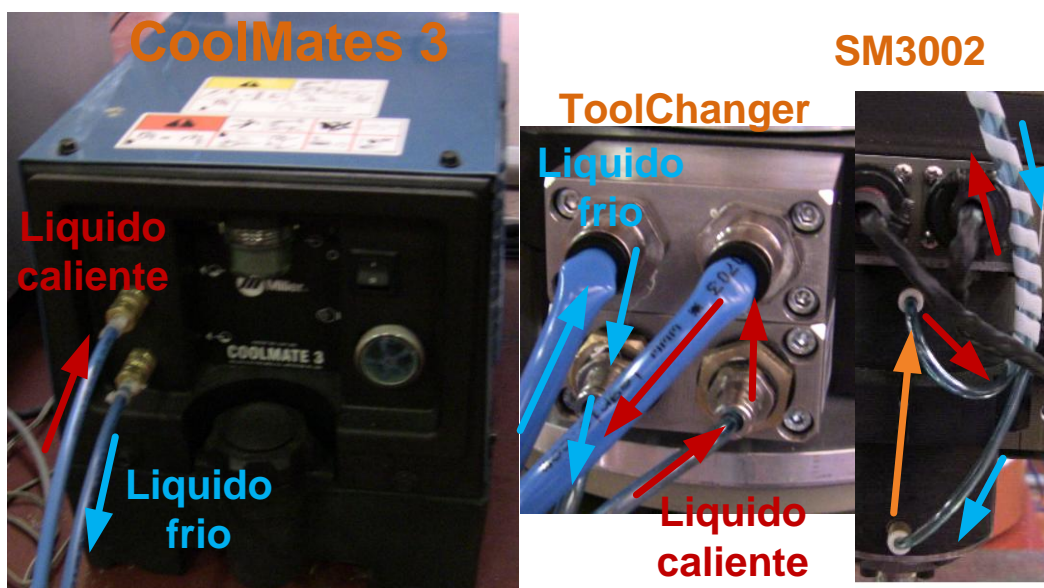


Figura VI. 5: Implementación circuito refrigeración de la herramienta de mecanizado

La implementación de todos los elementos de la herramienta de mecanizado da lugar a la siguiente figura:

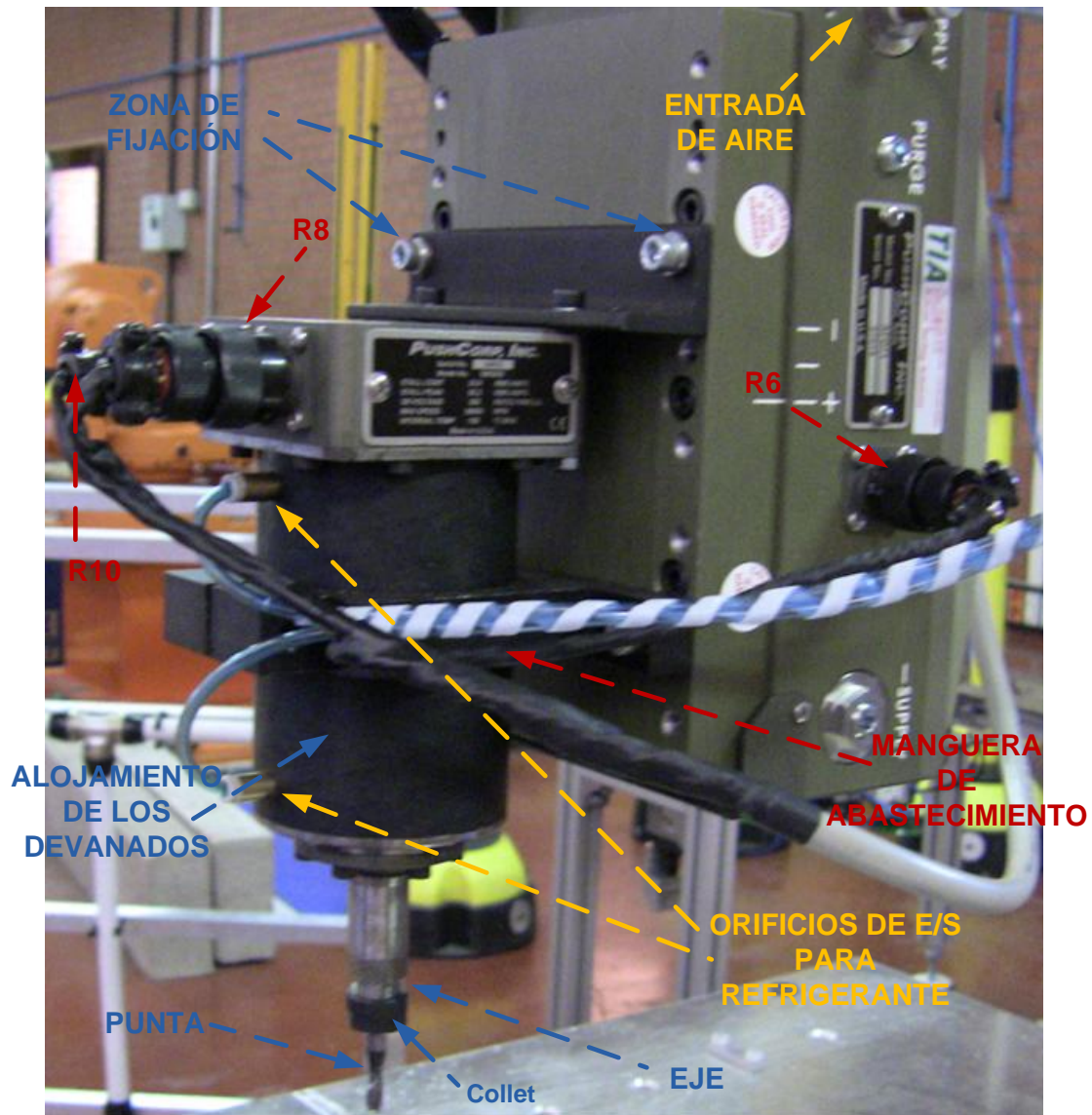


Figura VI. 6: Implementación herramienta de mecanizado

6.1.1.3 Puesta en marcha del circuito eléctrico completo

El presente Proyecto Fin de Carrera ha realizado los diferentes conexiones necesarios para las conexiones eléctricas del sistema robótico completo. Circuito de abastecimiento de electricidad. En la siguiente figura se muestra el circuito eléctrico completo, donde se describe el camino que recorren las señales desde el controlador hasta el elemento correspondiente:

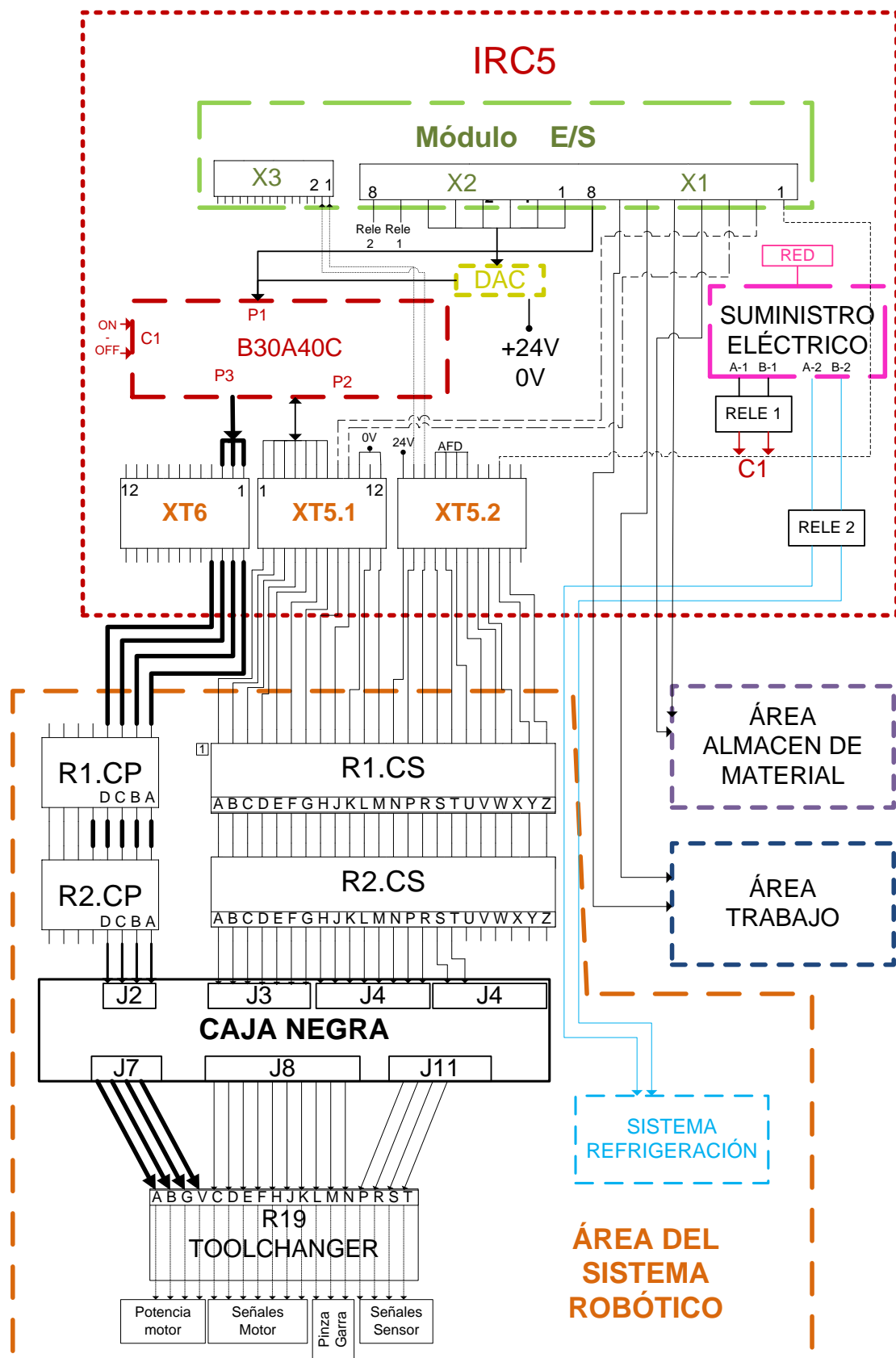


Figura VI. 7: Implementación circuito eléctrico completo

Como se vio en el apartado de diseño correspondiente, está dividido en varios circuitos:

- Conexiones con el módulo de E/S del IRC5.
- Cableado del sistema de refrigeración.
- Conexión entre DAC y B30A40C para el control del SM3002.
- Cableado entre IRC5 y ABB2400.
- Conexiones de la caja negra entre ABB2400 y TOOLCHANGER.

A continuación se muestran los elementos más importantes empleados en los distintos circuitos que componen el circuito neumático completo:

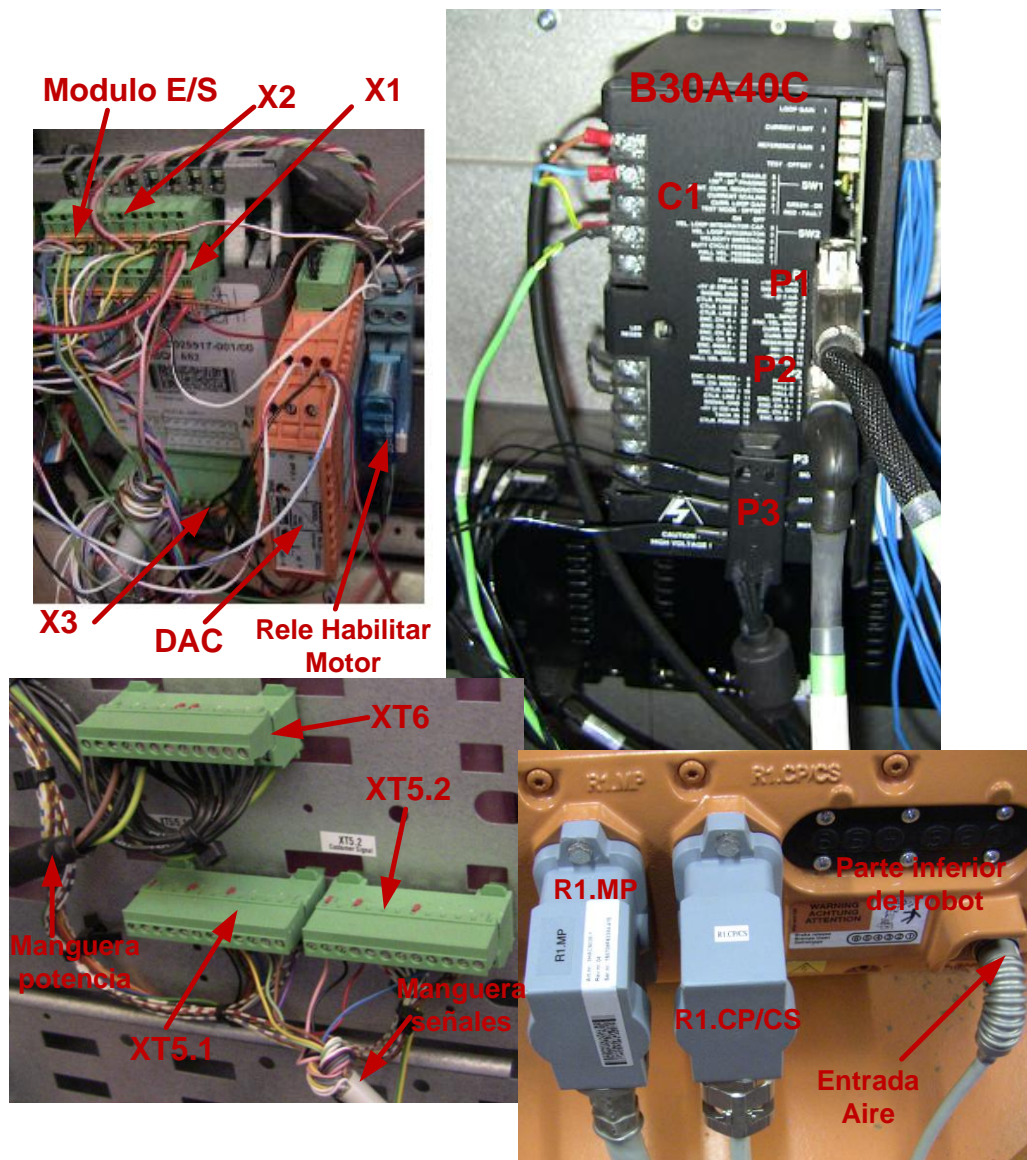


Figura VI. 8: Modulo E/S & DAC – B30A40C – XT6 & XT5 – R1.CP/CS

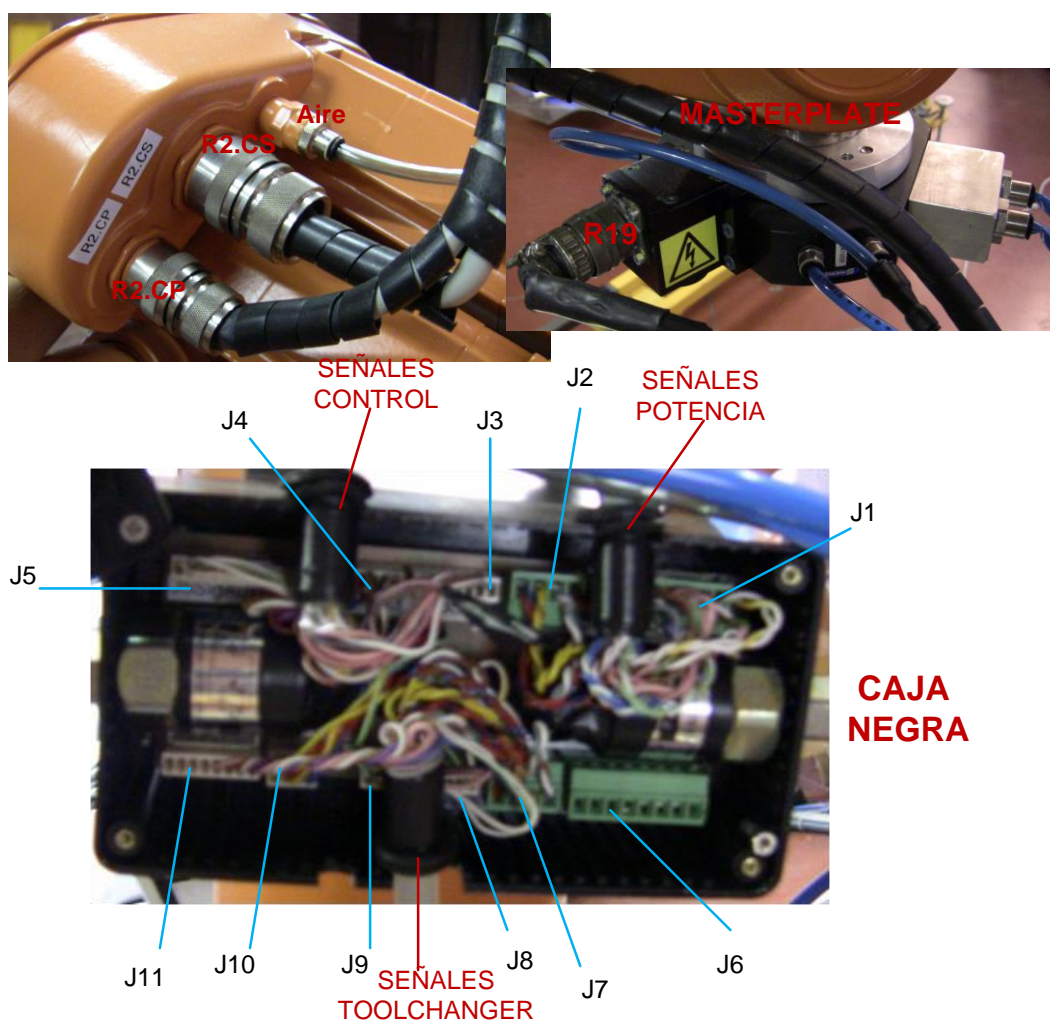


Figura VI. 9: R2.CP/CS – Caja negra – R19

SISTEMA ELECTRICO

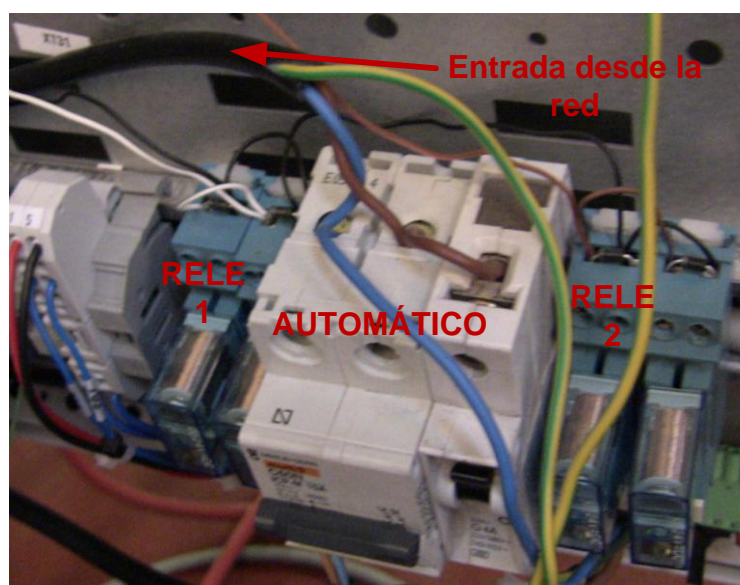


Figura VI. 10: Sistema eléctrico

6.1.2 Puesta en marcha del área de almacén.

Los sistemas desarrollados en esta área por el presente Proyecto Fin de Carrera son:

- Puesta en marcha de la estructura mecánica
- Puesta en marcha del sistema de almacenaje de elementos del sistema de saneamiento.
- Puesta en marcha del sistema para el sub-ensamblaje de elementos del sistema de saneamiento

6.1.2.1 Puesta en marcha de la estructura mecánica

Para la puesta en marcha de la estructura mecánica han sido necesarios dos trabajos: por un lado se ha mandado a cortar por laser la plancha de aluminio que da soporte tanto a la zona de sub-ensamblaje como de almacén de materiales, y por otro lado se ha realizado el montaje de la estructura mediante barras de perfil extruido y su fijación a la base del robot. En la siguiente imagen se muestra dicho sistema de almacenaje:

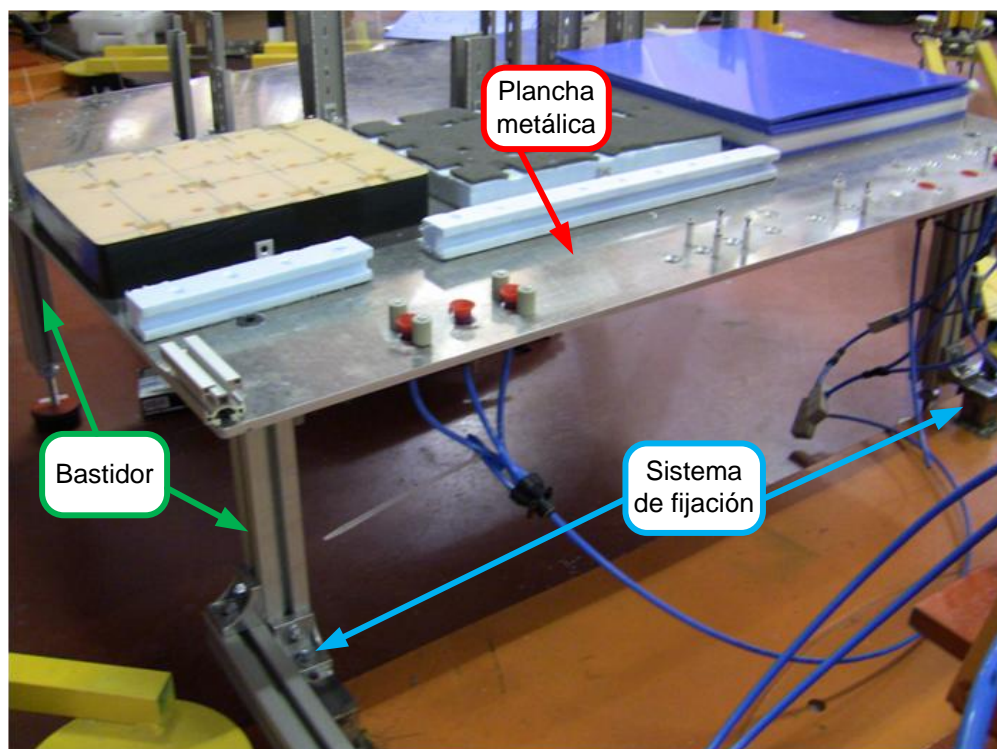


Figura VI. 11: Estructura mecánica área almacén

6.1.2.2 Puesta en marcha del almacén de los elementos de saneamiento

Como se vio en el apartado de diseño correspondiente, los almacenes diseñados por el presente Proyecto Fin de Carrera son para los tubos, racores y abrazaderas que forman el sistema de saneamiento del módulo de aguas.

Para el almacenaje de los tubos, tanto de 20mm como de 25mm, se han utilizado perfiles en “U” de plástico fijados a la mesa en los lugares correspondiente. El almacén de racores y las abrazaderas se ha realizado sobre una espuma de polietileno. El empleo de estos materiales hace que el sistema de almacenaje sea menos rígido ya que permiten pequeños desajustes en las trayectorias descritas por el robot al sacar el material del almacén correspondiente. Dichos sistemas de almacenaje se pueden apreciar en la siguiente imagen:

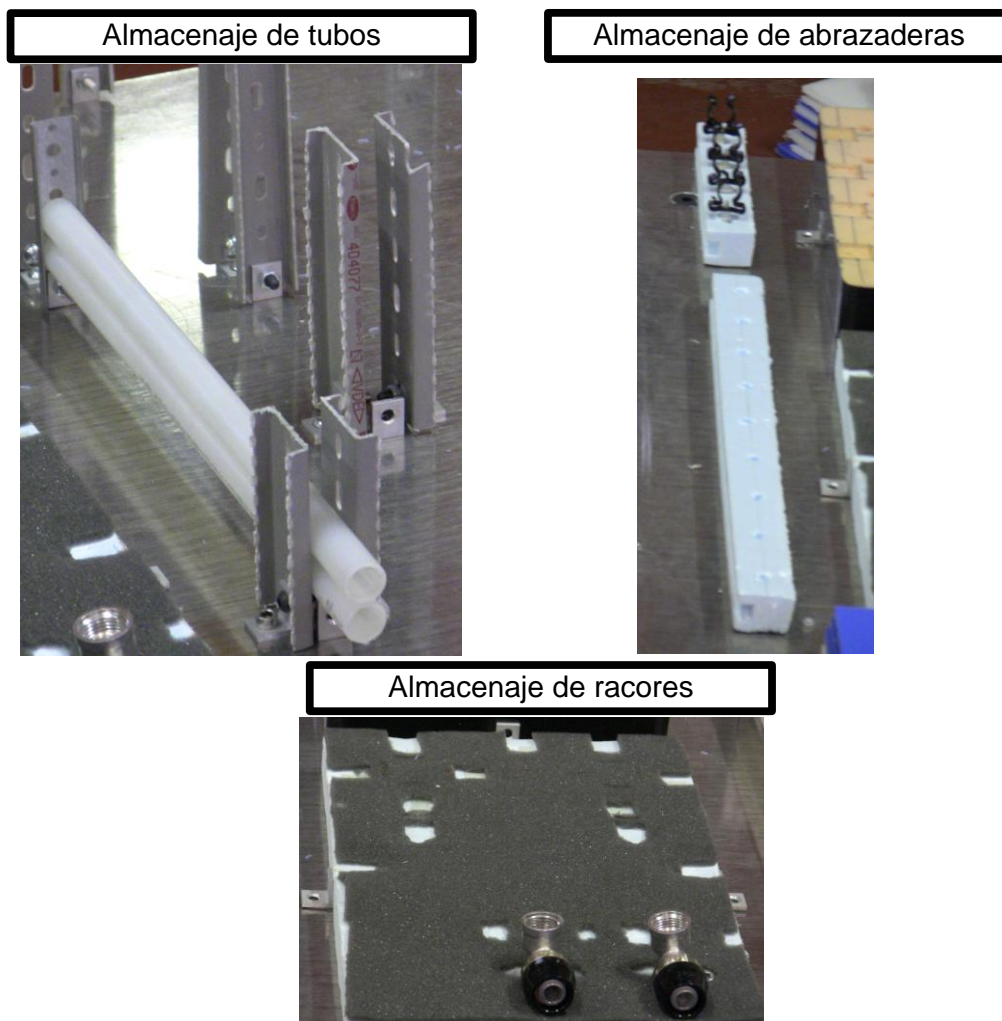


Figura VI. 12: Almacén elementos del sistema de saneamiento

6.1.2.3 Puesta en marcha de sistemas para el sub-ensamblaje de elementos del sistema de saneamiento.

Para los sub-ensamblajes de los diferentes sistemas de saneamiento empleados (de 25mm y de 20mm) se han montando dos líneas de sub-ensamblaje para las respectivas medidas de tubos mencionadas anteriormente. Estas dos líneas de sub-ensamblaje siguen la misma línea de actuación. Ambas disponen de ventosas de aspiración y de registros cilíndricos de guiado. Estos registros son los que determinan el tamaño de tubo que se sub-ensambla. Además cada línea dispone de un tope mecánico para poder realizar el ensamblaje como se diseño en el apartado correspondiente. En la siguiente figura se pueden apreciar los elementos de ambas líneas:

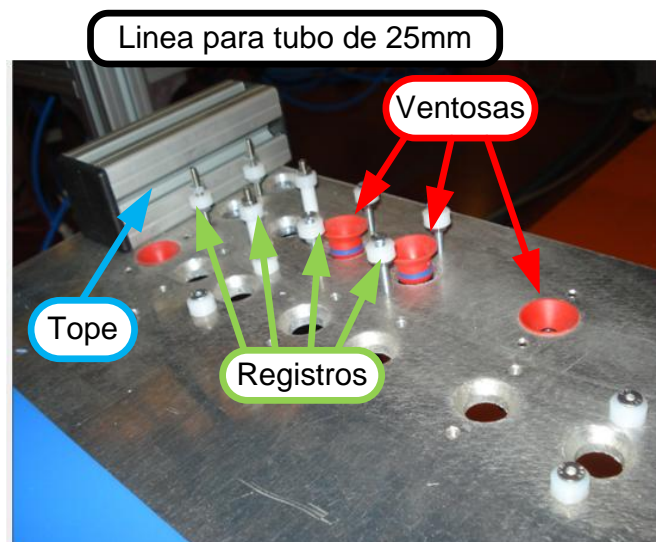


Figura VI. 13: Puesta en marcha línea de sub-ensamblajes de 25mm

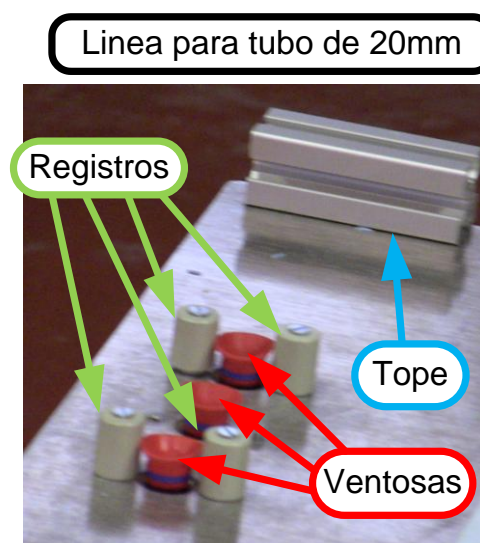


Figura VI. 14: Puesta en marcha línea de sub-ensamblajes de 20mm

6.1.3 Puesta en marcha del área de trabajo

Los sistemas desarrollados en esta área por el presente Proyecto Fin de Carrera son:

- Puesta en marcha de la estructura mecánica
- Puesta en marcha del sistema de sujeción para el área de mecanizado

6.1.3.1 Puesta en marcha de la estructura mecánica

Para la puesta en marcha de la estructura mecánica han sido necesarios dos trabajos: por un lado se ha mandado a cortar por laser la plancha de aluminio que da soporte tanto a la zona de mecanizado como a la de ensamblaje, y por otro lado se ha realizado el montaje de la estructura mediante barras de perfil extruido y su fijación a la base del robot. En la siguiente imagen se muestra dicho sistema de almacenaje:

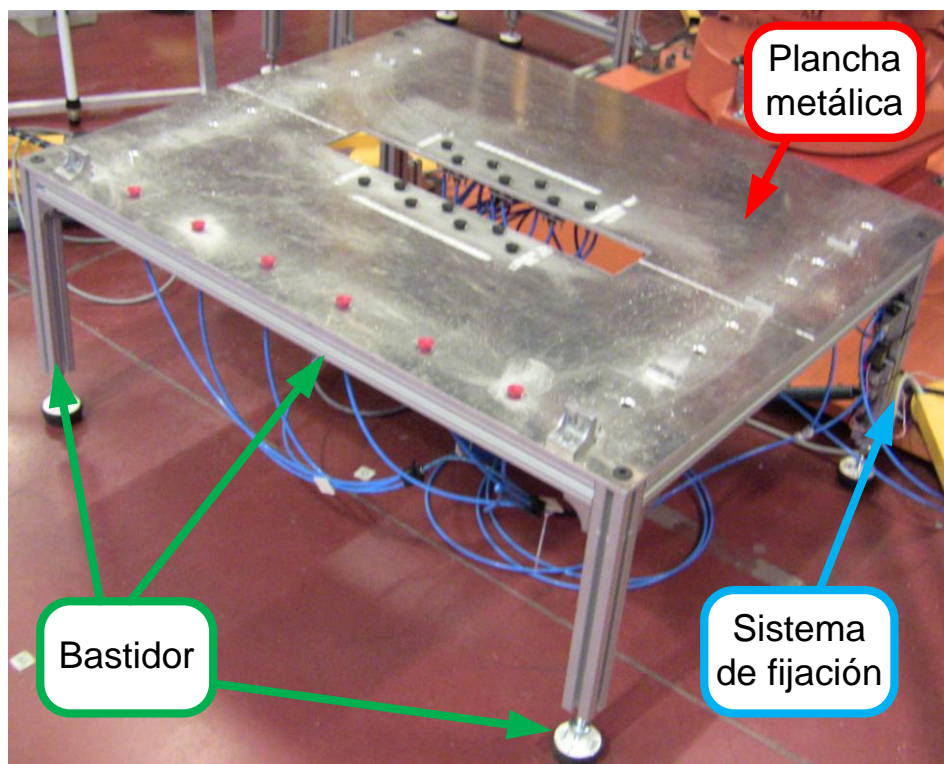


Figura VI. 15: Puesta en marcha de la estructura mecánica área de ensamblaje

6.1.3.1 Puesta en marcha del sistema de sujeción para el área de mecanizado

En la puesta en marcha de la zona de mecanizado se ha procedido al montaje de todas las ventosas en la plancha metálica. De esta forma se pueden realizar mecanizados de corte lineal en el hueco predispuesto, o contorneados con o sin sufridera, dependiendo del tamaño de la pieza a mecanizar.

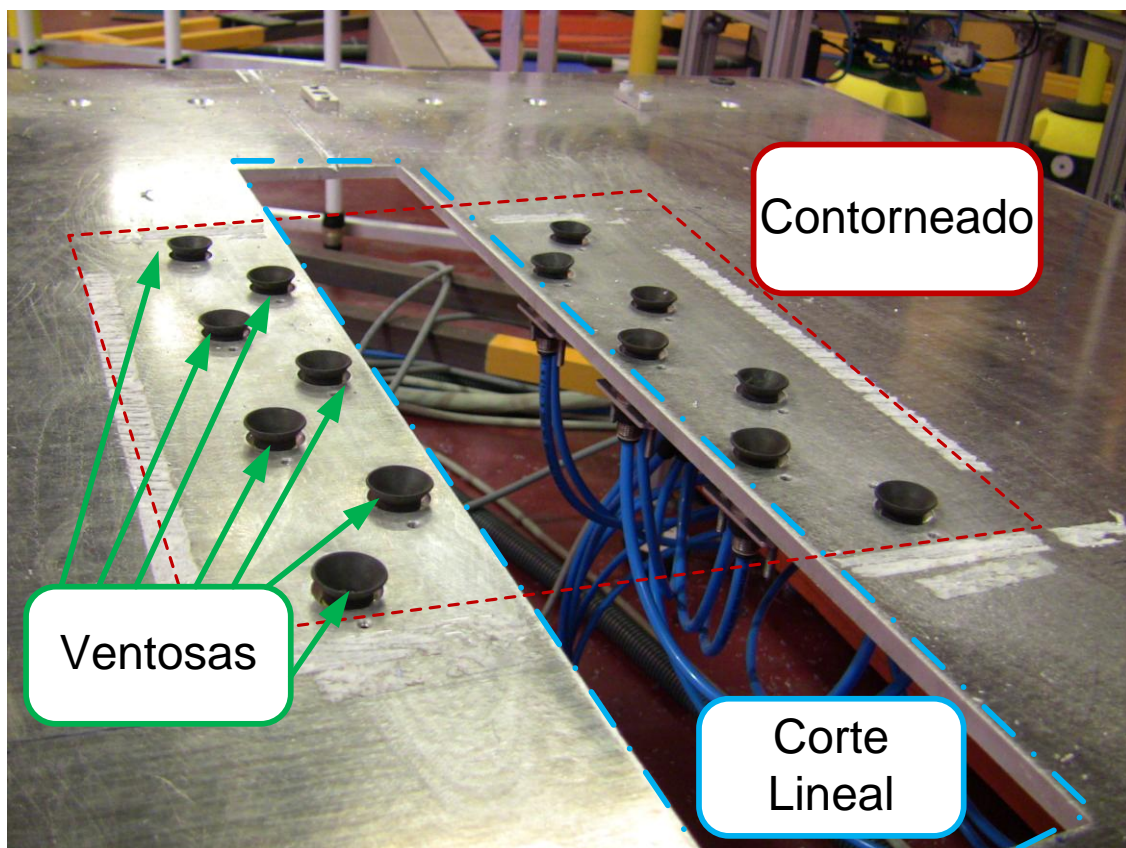


Figura VI. 16: Puesta en marcha del área de mecanizado

6.2 Puesta en marcha software

En este apartado se explica el proceso seguido para realizar la transferencia de los programas desde la célula virtual simulada en ROBOTSTUDIO hasta el robot real. Para llevar a cabo dicha transferencia, se hace uso de la herramienta ROBOTSTUDIO online, para lo cual, deben estar conectados el ordenador y el controlador del robot vía Ethernet. Otra manera de llevar a cabo la transferencia, es conectando en un puerto USB del controlador una memoria externa con los programas robóticos previamente cargados. Los programas robóticos, con todos los cambios realizados respecto a los programas de la simulación, se encuentran en el anexo en el apartado de programas RAPID para el robot real.

Los pasos seguidos para realizar la transferencia son:

- Cambiar las señales virtuales por las señales reales en los programas.
- Añadir a los programas las rutinas de control de los sistemas reales.
- Realizar ajustes de los objetivos del programa a la célula robotizada real.

6.2.1 Cambio de señales virtuales a reales en los programas

Este cambio es necesario debido a la naturaleza distinta de las señales en la estación virtual y en la real. Mientras que en la célula virtual se necesita una señal por cada elemento que se quiere manipular, en la célula real las señales actúan sobre las válvulas que controlan los distintos sistemas mediante los cuales se realizan dichas manipulaciones. En la célula real las señales son proporcionadas por la tarjeta de entradas y salidas digitales del controlador.

Existen tres casos diferentes: la señal que actúa sobre el mecanismo del sistema de cambio de herramienta, la que actúa sobre la pinza mecánica y las que actúa sobre la garra neumática. En la siguiente tabla se muestra la correspondencia entre las señales virtuales y reales:

Tabla VI. 2. Correspondencia entre señales virtuales y reales

Grupo de señales	Estación	
	Virtual	Real
Cambio herramienta	SET	RESET Do10_1
	RESET	SET Do10_1
Objetos manipulados por la pinza mecánica	SET	SET Do10_2
	RESET	RESET Do10_2
Objetos manipulados por la garra neumática	SET	SET Do10_3
	RESET	RESET Do10_3

Para las señales del primer grupo, además de cambiar el nombre de las señales involucradas hay que realizar otro cambio. Mientras que en la célula virtual las herramientas se acoplan y desacoplan con las funciones “set” y “reset” respectivamente, en la célula real se opera de manera contraria. Esto se debe a una medida de seguridad tomada ante el caso de que se apague el controlador del robot con alguna herramienta acoplada, evitando su caída en el próximo arranque, ya que el controlador en ese momento pone todas las señales a “0”.

Para las señales del grupo de la pinza mecánica el único cambio necesario es el del nombre de las señales según la tabla anterior, cambiando en el programa donde aparezca cualquier señal comprendida entre la Ensamblaje_saneamiento50 y la Ensamblaje_saneamiento70, por la señal Do10_2 que actúa sobre la válvula que pilota la pinza mecánica.

Por último, para las señales involucradas en el transporte de material mediante la garra neumática, el cambio necesario consiste en pasar de una señal por baldosa en la célula virtual, a las dos señales que controlan las funciones de la garra neumática real como se vio en el CapítuloV. La manera en que se cogen las baldosas con la garra neumática es haciendo el vacío directamente cuando ambas estén en contacto, mientras que para liberarla es conveniente realizar un pequeño soplado. Esto se logra mediante la secuencia de señales vista en la tabla anterior.

Además de los cambios mencionados en los párrafos anteriores, es necesario incluir al programa del robot real las funciones de activación y desactivación de las señales mediante las cuales se controla el funcionamiento de los sistemas de agarre de las distintas áreas, ya que en la simulación no son necesarios dichos sistemas. Las señales involucradas para estas tareas, fueron vistas en el Capítulo V.

6.2.2 Rutinas de control de los sistemas reales

En este apartado se describen las rutinas de control que únicamente se implementan en el proceso real. En el presente proyecto fin de carrera se ha implementado la rutina de calentamiento y funcionamiento de la herramienta de mecanizado.

Al comenzar el uso de la herramienta de mecanizado es necesario llevar a cabo un breve periodo de calentamiento para que el motor trabaje en las condiciones idóneas de funcionamiento. La forma de realizar el calentamiento del motor esta descrita anteriormente en el apartado de descripción de los elementos. Para la regulación de la velocidad del motor se debe crear una salida de grupo. Esta salida GO, la denominamos ‘velmotor’ y se crea mediante el mando del IRC5. Hay que asignar a la salida de grupo los seis bits que se utilizan para conseguir las 64 combinaciones de velocidad posibles. De esta forma se le asignan los bits del DO_10_14 a la DO_10_9, siendo el 14 el de más significativo.

Cuando se conecte la herramienta de mecanizado simplemente hay que añadir las señales para el funcionamiento del controlador y del sistema de refrigeración. Con el sistema listo para funcionar únicamente se activa el motor para que funcione mediante la señal de desinhibir y se le introduce una velocidad de funcionamiento (señal GO veltomotor). Temporizando el funcionamiento en cada franja de velocidad se consigue un correcto proceso de calentamiento de la herramienta.

En el anexo, en el apartado de programas RAPID para el robot real se encuentra dicha rutina. En los diferentes módulos de programa en que se utiliza la herramienta de mecanizado no se hace uso de dicha rutina ya que se parte de un calentamiento manual.

6.2.3 Ajuste de objetivos del programa a la célula robotizada real

Una vez se tiene la totalidad del programa de la simulación adecuado mediante el sistema de E/S para el funcionamiento en el sistema real se debe modificar el programa. En un supuesto caso ideal el programa de la simulación debería ser perfectamente válido en la realidad, ya que se parte de un robot y de modelos CAD con un alto grado de precisión. Sin embargo es inevitable que se produzcan desajustes entre la estación virtual y la real, ya que los componentes nunca se pueden conseguir ni posicionar con las medidas adecuadas. Éste es uno de los trabajos más largos a la hora de realizar la puesta en marcha del sistema real, debido a la cantidad de objetivos programados en la célula.

Estos desajustes son en gran medida debidos a motivos ajenos a este Proyecto Fin de carrera, ya que el robot ha sido fijado a un suelo que no se encuentra a nivel además de no situarse perfectamente alineado con la estación de trabajo. Este pequeño desajuste inicial produce una variación de los objetivos que depende del punto donde se encuentre el robot.

Además, existen ineficiencias derivadas de las tolerancias de los materiales, de pequeños desajustes geométricos del robot o incluso de pequeñas desviaciones entre los procesos simulados y los reales. Como los objetivos están agrupados en los distintos objetos de trabajo, un primer paso consiste en ajustar los objetos de trabajo a la célula robotizada real. En la siguiente tabla se comparan los objetos de trabajo de la célula virtual con los de la real una vez ajustados:

Tabla VI.3: Ajuste de objetos de trabajo a la célula real.

OBJETOS DE TRABAJO						
Nombre	Célula virtual			Célula real		
	Posición (mm)			Posición (mm)		
	x	y	z	x	y	z
Área Almacén I	462.5	622	524	462.5	618	129
Ensamblaje A de	412.5	672	524	409	678	129
Ensamblaje B de	412.5	672	524	412.5	672	129
Ensamblaje C de	412.5	672	524	412.5	672	129
Área Almacén II	-727.5	622	524	400	722	129
Ensamblaje D	-707.5	672	524	-707.5	672	129
Almacén racores	-370.5	867	554	-351.5	868.86	159
Almacén_abrazaderas_20	-687.5	799	554	-731	804.5	159
Almacén_abrazaderas_25	-45.5	799	554	-14	804.5	159
Tubo_200	-242.5	1285	556.5	-242.5	1281.5	161.5
Tubo_300	374.5	1385	556.5	367	1398	161.5
Tubo_450	-10	1287.5	556.5	-10	1275	161.5
Tubo_400	-75.5	1185	554	-75.5	1190	554
Baldosas	242.5	1000	129	242.5	1000	129
Área Trabajo	604.5	621	565	604.5	621	170
Paq_Mod A&B&C&D	604.5	621	565	604.5	621	565
Corte	144.5	21	175	144.5	21	175
Almacén Herramientas	300	-1155	155	300	-1155	155

Se debe tener en cuenta que el sistema real del robot esta referenciado a la parte inferior del robot. Mientras que el sistema virtual esta referenciado al suelo de la estación de tal forma que resulta más sencillo y rápido obtener las cotas. La diferencia entre ambos sistemas es de 395 mm.

Una vez realizada la primera aproximación, ajustando los objetos de trabajo, se lanza el proceso correspondiente en modo manual, y se van corrigiendo uno a uno los objetivos que lo necesiten. Como ya se ha comentado, en el anexo en el apartado Programas rapid para el robot realde programas RAPID para el robot real, se encuentran los programas finales tras realizar todos los cambios mencionados.

6.3 Demostración del funcionamiento de la célula robotizada real

Una vez realizada la puesta en marcha tanto hardware como software, en este apartado se exponen una serie de imágenes sacadas del video realizado en el cual se demuestra que los procesos realizados por este Proyecto Fin de Carrera han sido realizados.

- **Ensamblado sistema de saneamiento:**
 - **ETAPA 1: MECANIZADO BASTIDOR**

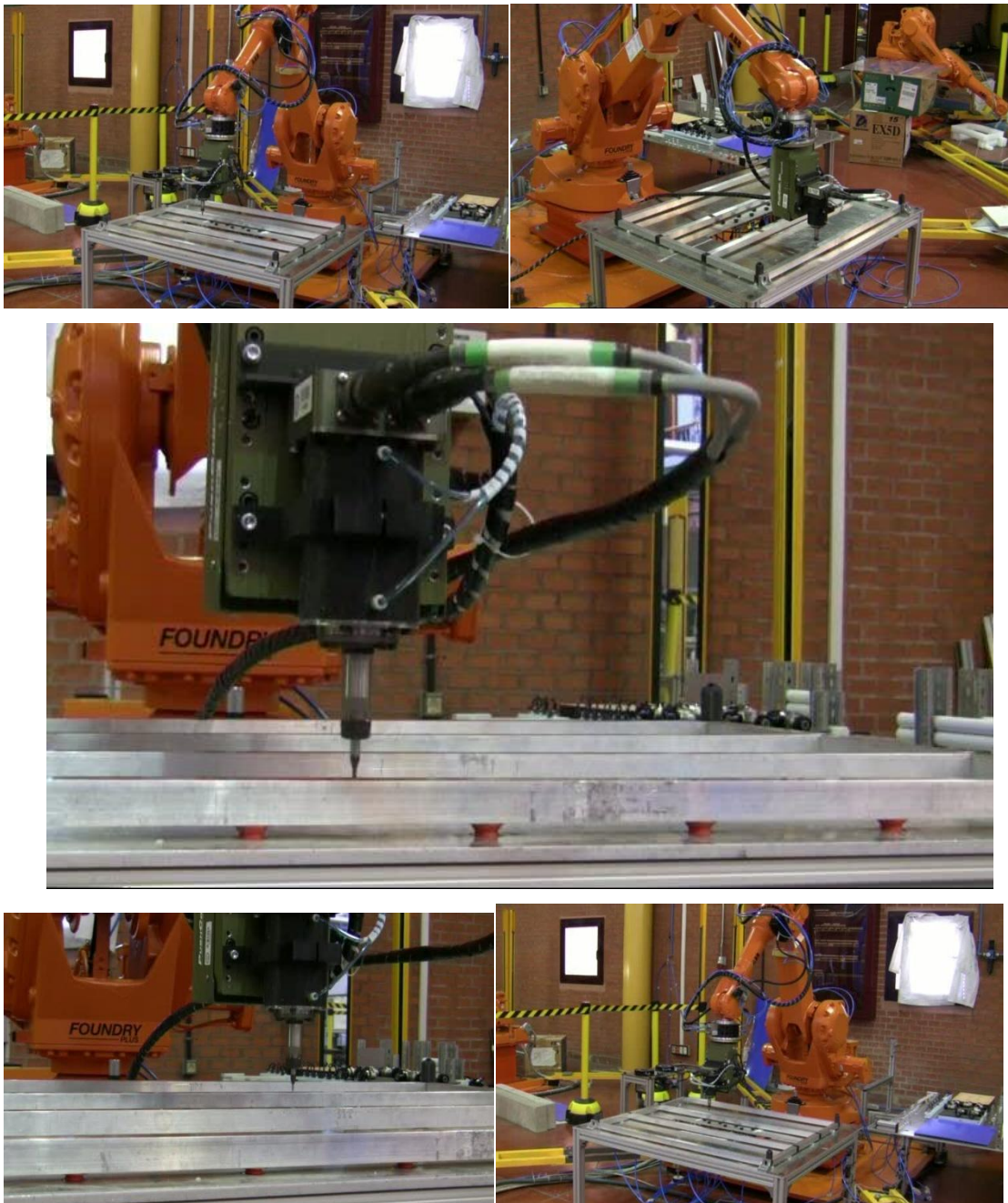


Figura VI. 17: Mecanizado bastidor

- ETAPA 2: ENSAMBLADO ABRAZADERAS

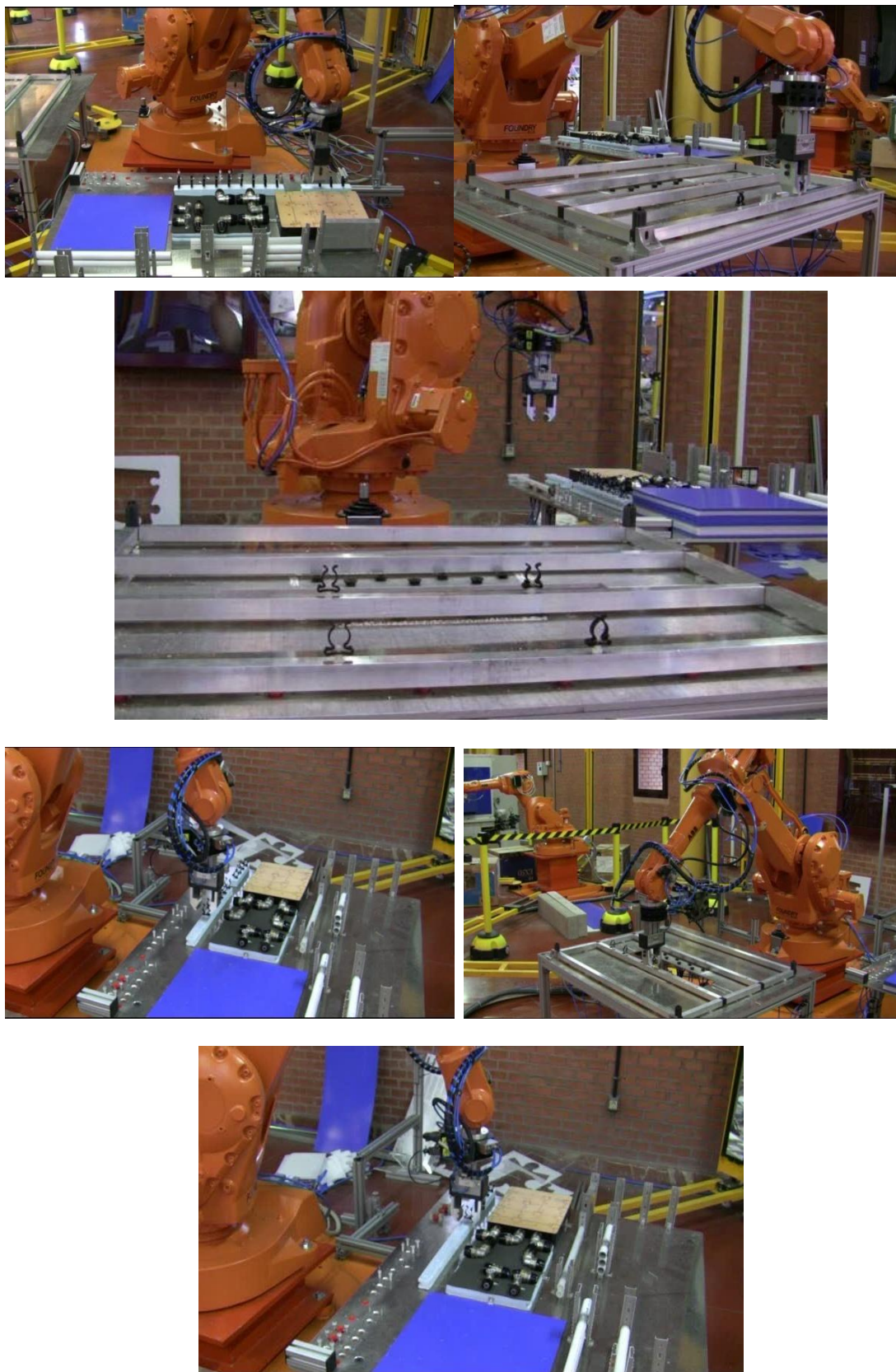


Figura VI. 18: Anclaje abrazaderas

- ETAPA 3: ENSAMBLAJE SANEAMIENTO

▪ PARA TUBOS DE 25mm:

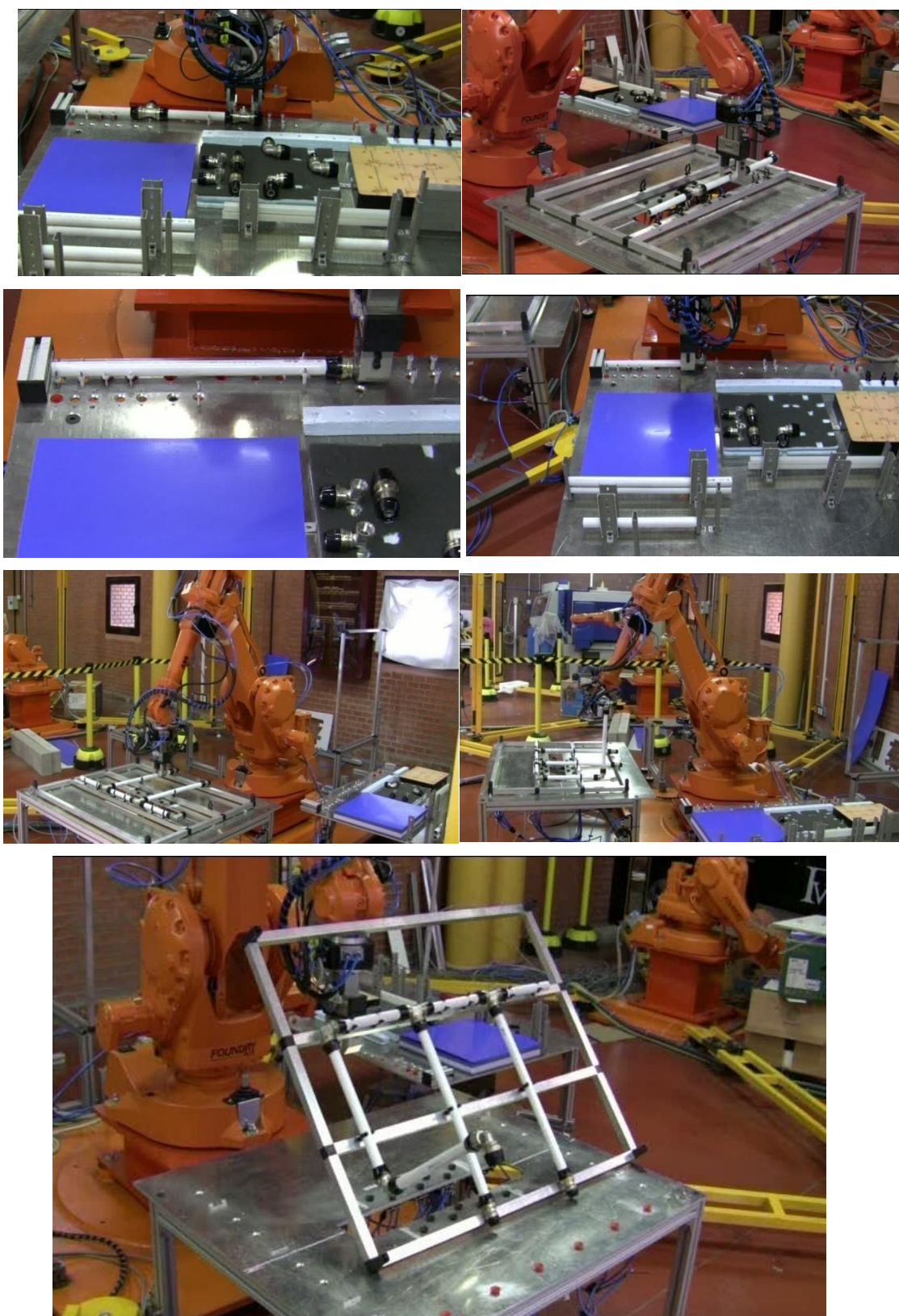


Figura VI. 19: Producción saneamiento para tubos de 25mm

▪ PARA TUBOS DE 20mm:



Figura VI. 20: Producción saneamiento para tubos de 20mm

- **Mecanizado de fichas pequeñas:**
 - **ETAPA 1: MANIPULACIÓN BALDOSA**

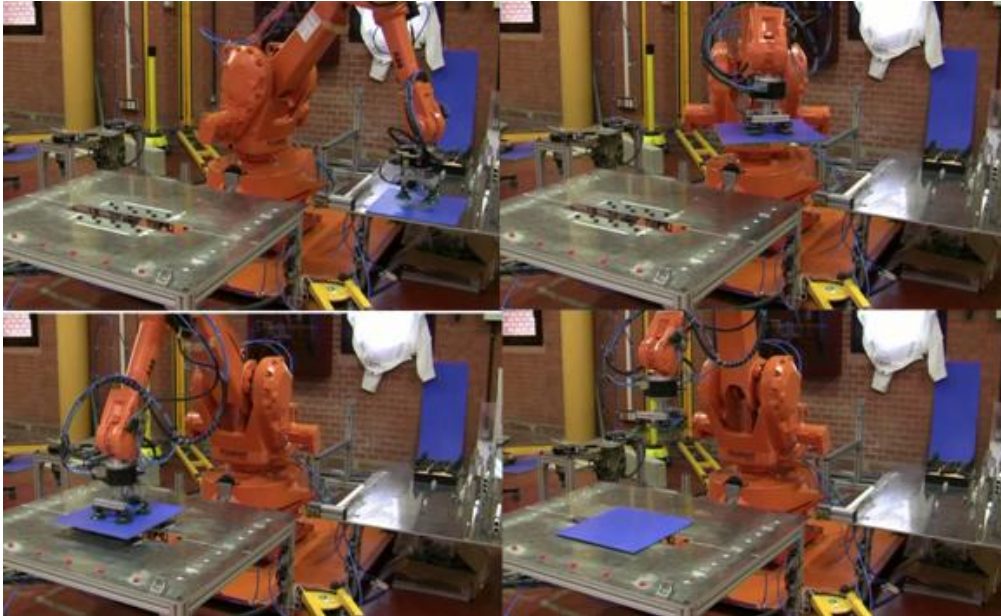


Figura VI. 21: Manipulación real baldosa

- **ETAPA 1: MECANIZADO BALDOSA**

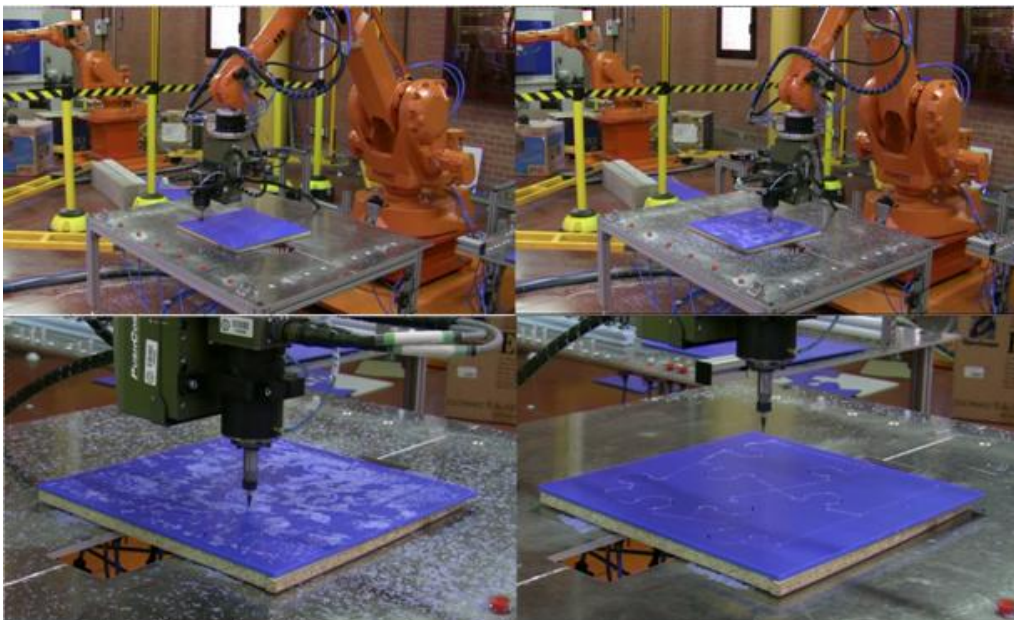


Figura VI. 22: Mecanizado fichas pequeñas baldosa azul.



Figura VI. 23: Mecanizado fichas pequeñas baldosa blanca.



VII. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.1 Conclusiones

Tras la realización e implementación de los diseños descritos en este Proyecto Fin de Carrera y la posterior puesta en marcha del sistema completo se ha verificado el correcto funcionamiento de todos los sistemas. Se ha conseguido, además de un correcto funcionamiento de los elementos, que la estación desarrolle los procesos demostrativos previstos. Por lo tanto, se puede afirmar que se ha logrado el objetivo global del proyecto consistente en apoyar, promover y desarrollar la industrialización del sector de la construcción, sentando las bases para futuros trabajos de investigación en estos temas.

De esta forma se ha obtenido la consecución del objetivo principal del presente Proyecto, que es diseñar una célula robotizada flexible dedicada al desarrollo de procesos de mecanizado y ensamblado en el sector de la construcción. También se ha conseguido el correcto funcionamiento global de la célula mediante su puesta en marcha. Además, gracias al trabajo realizado en el proyecto, se han logrado poner de manifiesto las ventajas surgidas en la utilización de nuevas técnicas de diseño e integración. Estas ventajas planteadas para los procesos productivos son: el ahorro de tiempo en el diseño, la facilidad de corrección de los errores, la flexibilidad del sistema para realizar modificaciones sobre la marcha y una gran integración con otros sistemas.

Para el desarrollo del objetivo principal se planteaban una serie de objetivos secundarios que realizados conjuntamente hacían posible el funcionamiento general previsto de la célula de fabricación flexible robotizada. Aun habiendo cumplido con los objetivos primordiales del Proyecto y constatando las ventajas obtenidas mediante la simulación de procesos, queda de manifiesto la multitud de dificultades para lograr un correcto funcionamiento del robot en el sistema real. Las conclusiones de estos objetivos secundarios iniciales son las siguientes:

- **Apartado Hardware:** Se ha procedido al diseño y puesta en marcha de los elementos hardware del sistema robótico con un gran resultado. Se ha procedido

también al estudio de materiales adecuados para la automatización. Se ha logrado integrar satisfactoriamente tanto la herramienta de manipulación/ensamblado como la de mecanizado, así como un sistema de control y eléctrico bien definido. Sin embargo, los diseños e implementaciones hardware para las áreas de almacén y trabajo tienen un gran margen de mejora. Los principales problemas surgidos para la consecución del objetivo principal del Proyecto se han visto muy directamente relacionados con sendas áreas. Se trata de diseños e implementaciones básicos para la consecución de los objetivos dados los medios existentes. De hecho se han conseguido unos resultados acordes con los medios económicos disponibles, personas para el desarrollo del Proyecto, tiempo para el mismo y sobre todo, la poca información disponible al respecto del Proyecto al ser un tema innovador. Los problemas surgidos se deben principalmente a la rigidez del sistema no robótico, las tolerancias en todos los materiales y estructuras y una mala colocación del sistema peana-robot. Se ha partido de una colocación del robot ajena al Proyecto, siendo ésta errónea, lo que ha entorpecido la marcha idónea del Proyecto. Es por estas causas que el robot industrial y el sistema virtual diseñado pierden exactitud al realizar los programas en el sistema real. La herramienta de mecanizado no se ha logrado emplear con los cables diseñados, al sufrir éstos problemas de acoplamiento de campos magnéticos, teniendo que recurrir a los del fabricante. Tanto los diseños de almacenaje como los de sub-ensamblado resultan poco flexibles al no poder usar todas las ventosas neumáticas esperadas. Los trabajos de mecanizado funcionan correctamente.

- **En el apartado software** el comportamiento ha sido mejor del esperado. Se ha logrado un gran nivel de precisión y exactitud en la estación de trabajo virtual. Ésto ha permitido que las simulaciones se hayan cumplimentado con un gran nivel de detalle. Así se han podido subsanar errores iniciales de concepción. La investigación en sistemas virtuales ha sido exitosa. Se ha conseguido el control y funcionamiento de la totalidad de elementos, así como su actuación conjunta mediante el uso de instrucciones RAPID en el programa del robot.

7.2 Trabajos futuros

Aun habiendo cumplido satisfactoriamente con todos los objetivos marcados para este proyecto, existen diversas mejoras que producirían un mejor funcionamiento de la célula. A continuación se muestra una lista con algunas de las posibles mejoras:

- Mejorar la colocación del robot en la peana, así como la nivelación del sistema sobre el suelo. Esto resulta imprescindible para la consecución de cualquier proceso, ya que el robot es el elemento sobre el que gira toda la estación.
- Uso de la opción MULTIMOVE de los nuevos robots-controladores ABB. De esta forma se consigue el uso combinado de varios robots industriales en un mismo trabajo.
- Desarrollar un sistema de sensorización por visión en las herramientas de manipulación y ensamblado, para que puedan detectar el material. Por lo que, aún si el material no está perfectamente encuadrado el robot pueda responder perfectamente.
- Desarrollo de un sistema de regulación de la fuerza que ejerce la pinza mecánica.
- Implementación del sensor de esfuerzo para la herramienta de mecanizado. Asimismo se podrían realizar trabajos mucho más intensivos tanto en productividad como en calidad.
- Desarrollo de un sistema SCADA mediante el cual se pueda monitorizar “on-time” tanto el estado de los procesos como el de las herramientas. En este punto hay que hacer referencia a la monitorización de la temperatura y otros valores de la herramienta de mecanizado.
- Implementar un sistema de corte y suministro de tubos, sustituyendo al almacén diseñado en este proyecto.
- Mejorar los sistemas de suministros de abrazaderas y racores.
- Mejorar los sistemas de agarre y guiado que hacen posible el ensamblaje completo del módulo de aguas. Una alternativa sería un sistema de ventosas que puedan desplazarse por grupos mediante una estructura neumática, salvando de esta forma la rigidez del anclaje actual.
- Mejorar el sistema de agarre de los elementos a mecanizar.



VIII. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] Estudio sobre el sector de la construcción.
<http://www.ensilicio.com/2008/01/graficas-sobre-vivienda-%C2%BFse-ha-desplomado-la-burbuja.html>
- [2] ManuBUILTS 6PF.
- [3] Estudios e información sobre automatización y células CIM:
<http://www.monografias.com/trabajos6/auti/auti.shtml?monosearch>
<http://www.monografias.com/trabajos10/robap/robap.shtml?monosearch>
- [4] Estudios e información sobre robótica y aplicaciones robóticas
<http://www.monografias.com/trabajos6/larobo/larobo.shtml?monosearch>
<http://www.monografias.com/trabajos10/robap/robap.shtml?monosearch>
<http://www.leia.es/E-ROBOT/aplicaciones.html>
http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/aplicaciones.htm
<http://www.ifr.org/service-robots/>
<http://www.pushcorp.com/success.htm>
- [5] Historia de la robótica.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Robot>
- [6] Situación actual de la robótica mundial
<http://www.worldrobotics.org/index.php>
- [7] Introducción al proyecto de producción. Ingeniería concurrente para el diseño de producto. Salvador Capuz Rizo.
- [8] Página web de ABB:
<http://www.abb.es>
- [9] Ayuda de RobotStudio 5.11.
- [10] Página web de SMC:
http://www.smc.eu/portal/WebContent/main/index.jsp?lang=es&ctry=ES&is_main=yes
- [11] Página web de PIAB
<http://www.piab.com/Templates/FrontPage.aspx?id=5843>
- [12] Página web de PUSHCORP:
<http://www.pushcorp.com/>
- [13] Página web de SCHUNK:
<http://www.schunk.com/schunk/index.html?country=ESP>

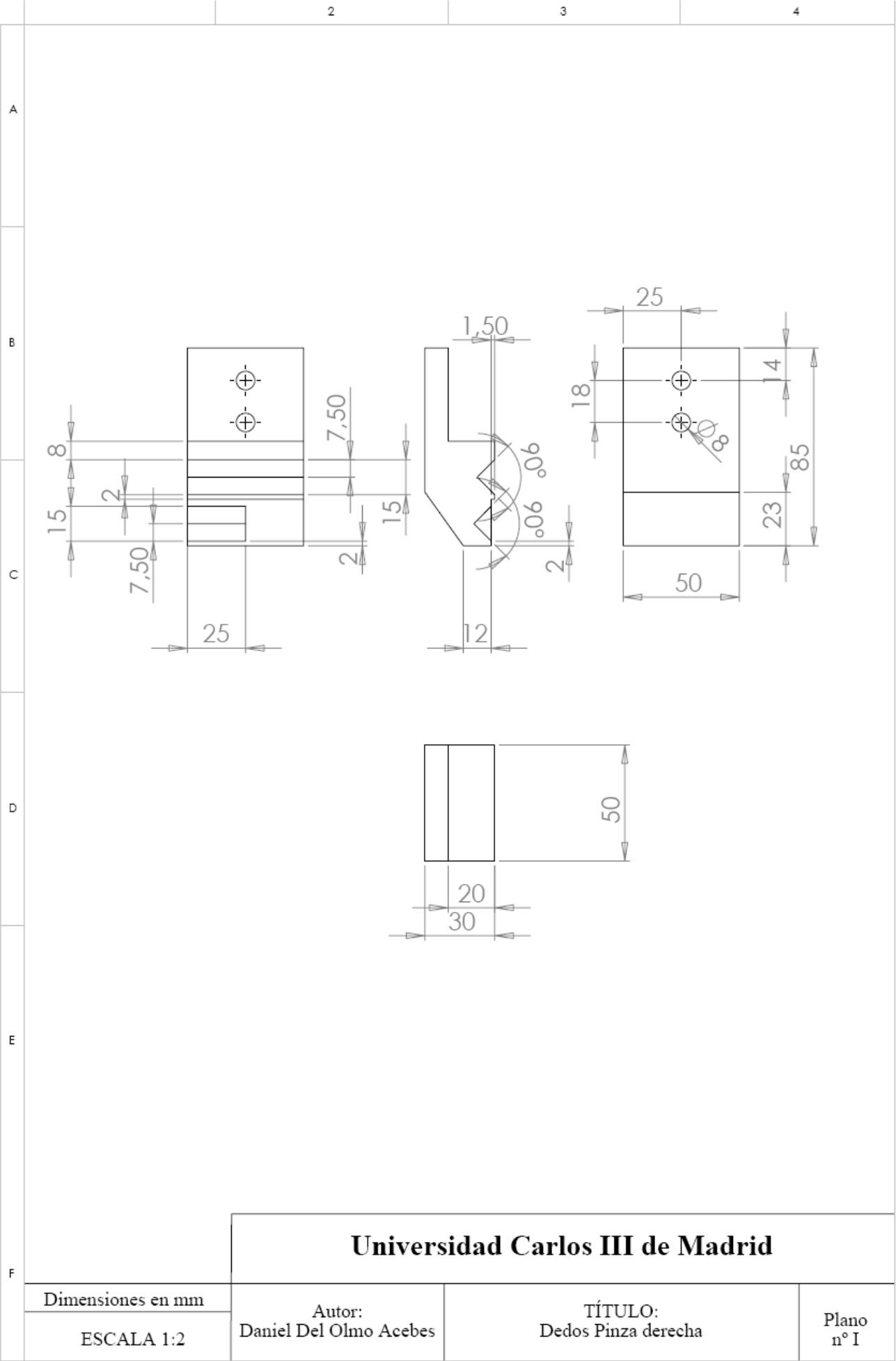
- [14] Página web de NIKAI:
http://www.nikaisl.com/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1&lang=es
- [15] Página web de ADVANCED Motion Controls:
<http://www.a-m-c.com/>
- [16] Página web de KRENEL:
<http://www.krenel.com/index2.htm>
- [17] Página web de ALU-STOCK :
<http://www.alu-stock.es/index.html>
- [18] Página web de BLANSOL :
<http://www.blansol.es/index.html>

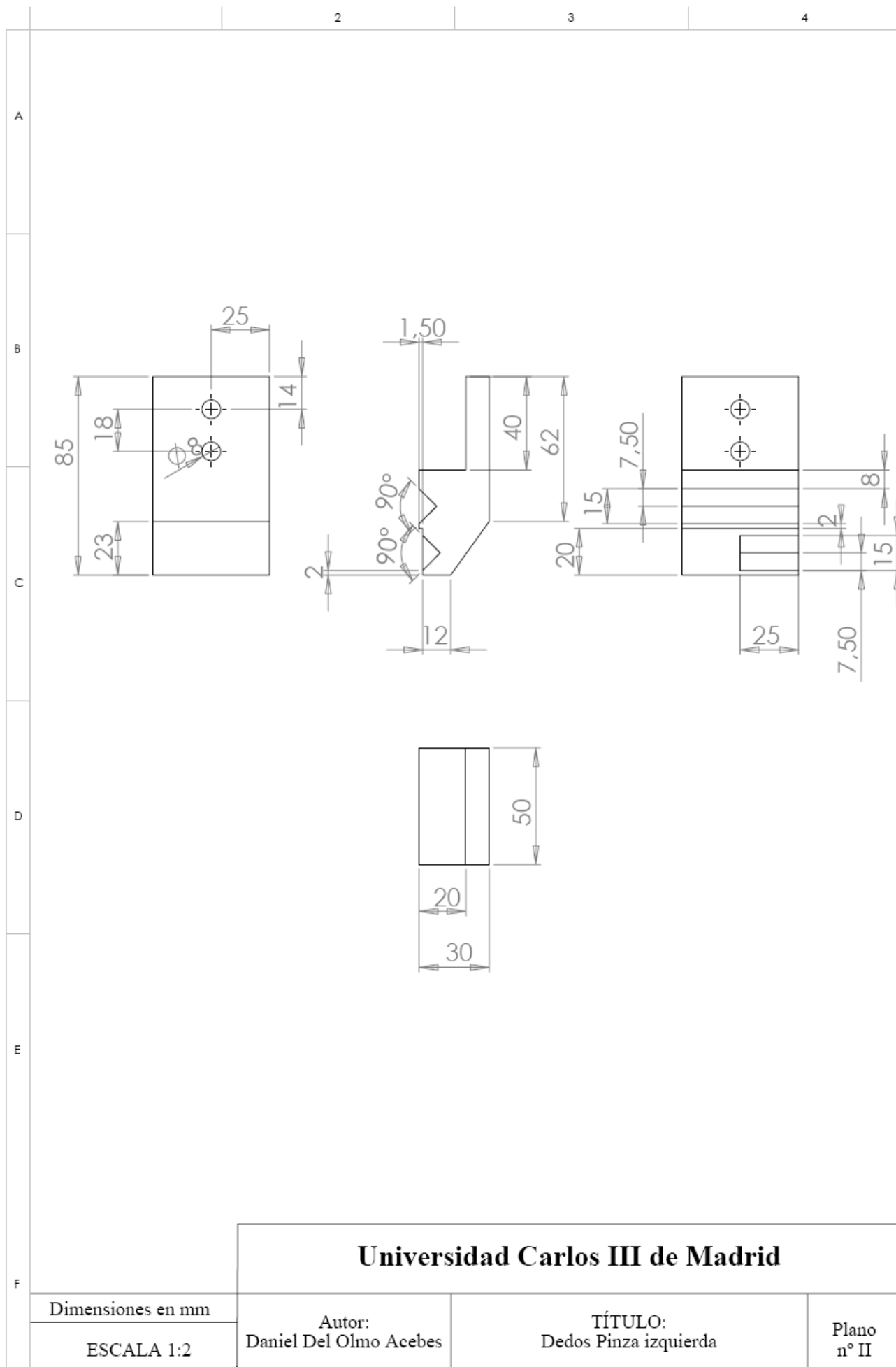


IX. ANEXOS

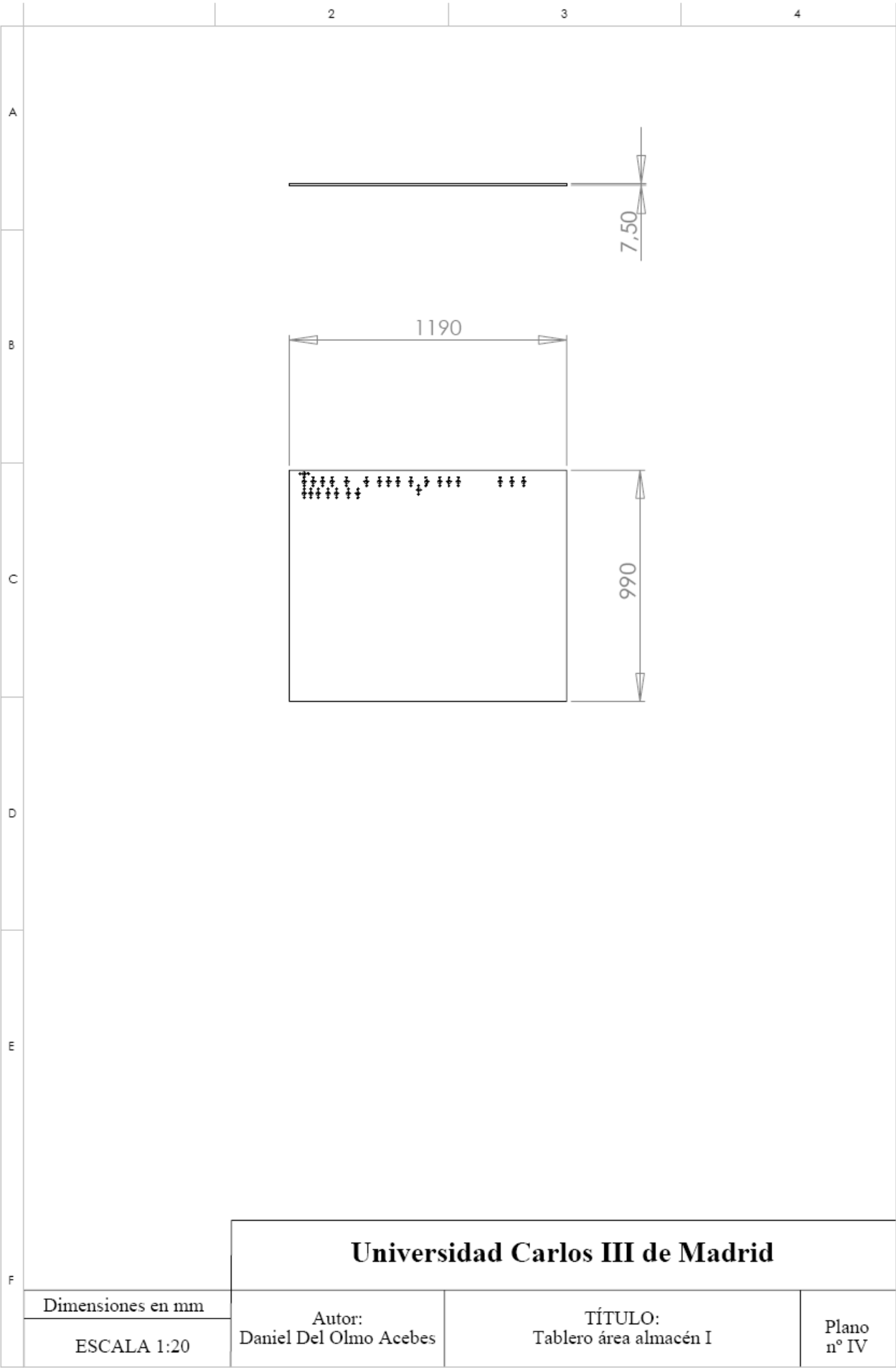
9.1 Planos

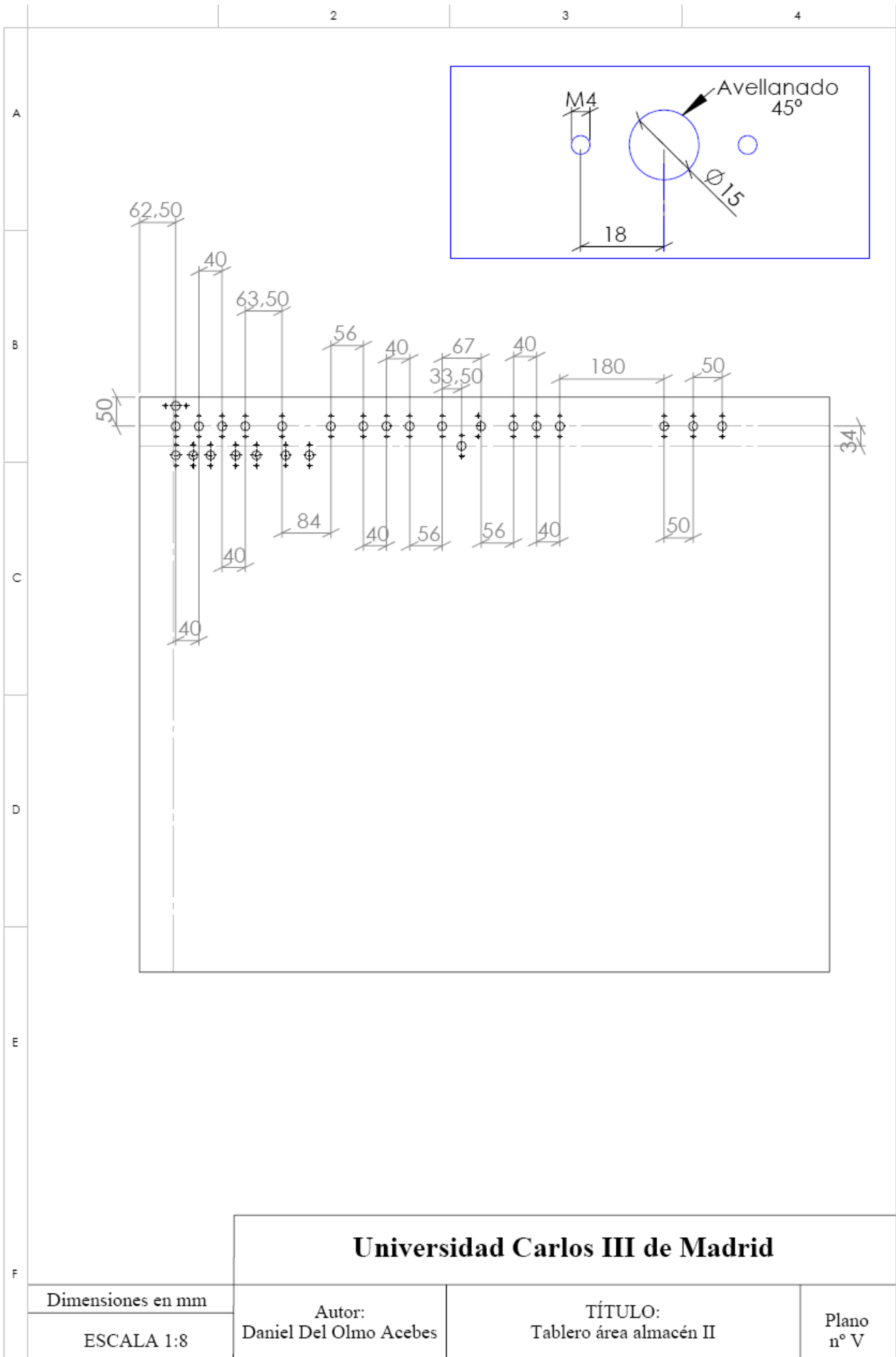
- I. Dedos Pinza derecha**
- II. Dedos pinza izquierda**
- III. Estructura de perfiles del área de almacenaje**
- IV. Tablero área almacén I**
- V. Tablero área almacén II**
- VI. Tablero área almacén III**
- VII. Estructura de perfiles del área de trabajo**
- VIII. Tablero área trabajo**



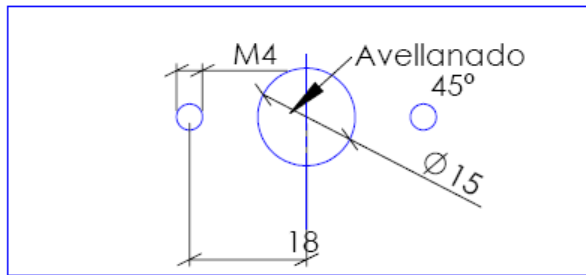


	1	2	3	4
A				
B				
C				
D				
E				
F	<div> <div> <div>Dimensiones en mm</div> <div>ESCALA 1:20</div> </div> <div> <div>Autor:</div> <div>Daniel Del Olmo Acebes</div> </div> <div> <div>TÍTULO:</div> <div>Estructura de perfiles del área de almacen</div> </div> <div> <div>Plano</div> <div>nº III</div> </div> </div>			

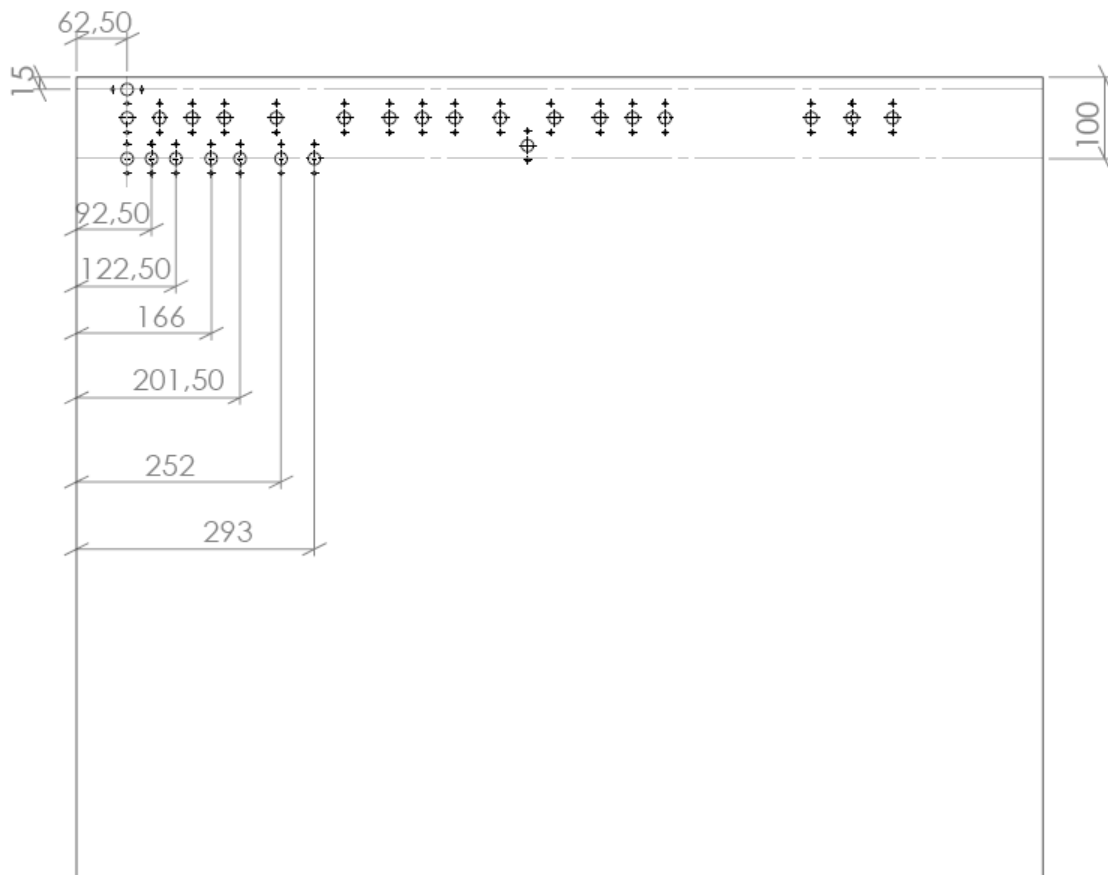




A



B



C

D

E

F

Universidad Carlos III de Madrid

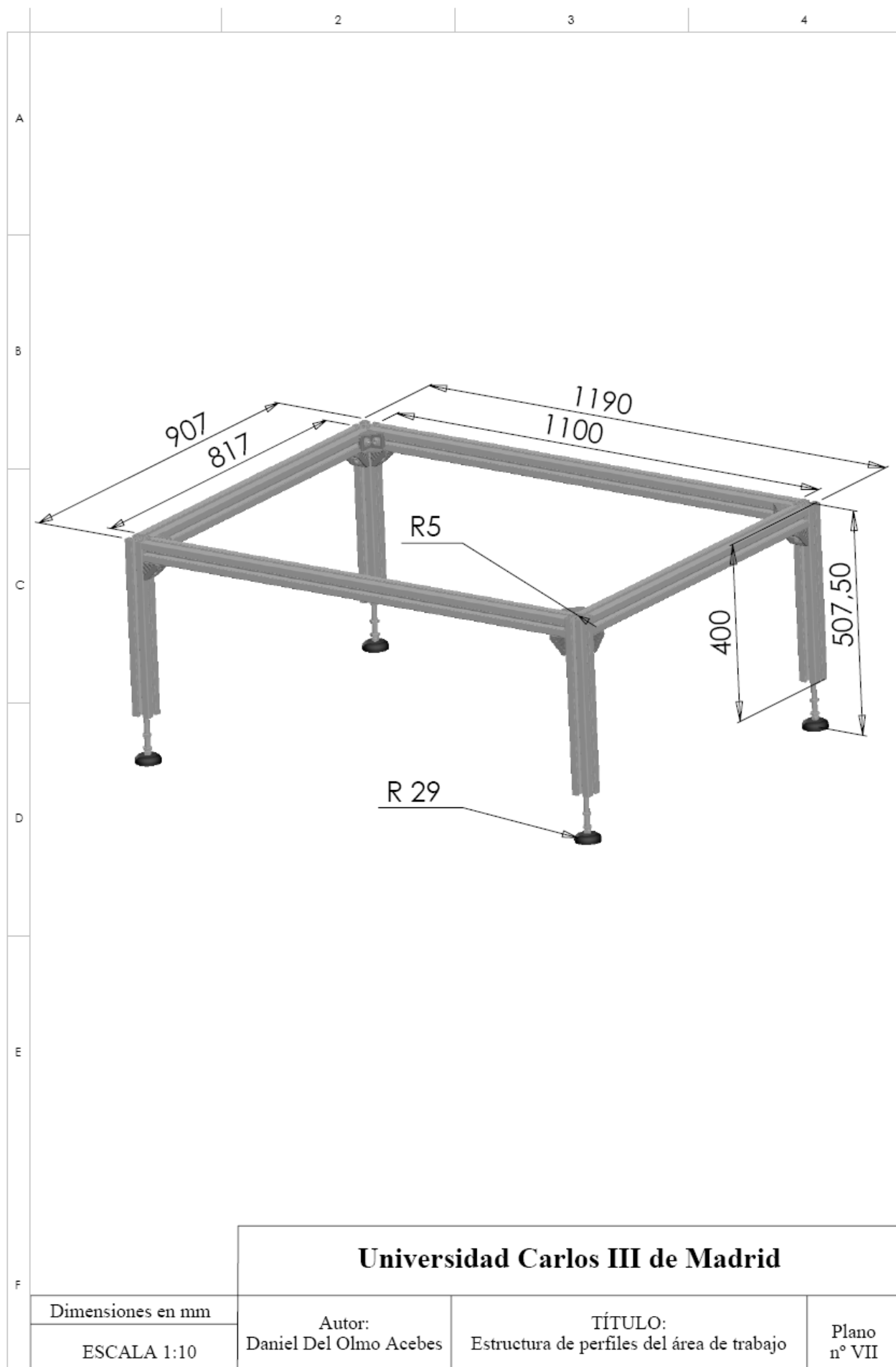
Dimensiones en mm

ESCALA 1:8

Autor:
Daniel Del Olmo Acebes

TÍTULO:
Tablero área almacén III

Plano
nº VI



9.2 Programas rapid para el robot real

A continuación se muestra la totalidad del programa empleado para las labores de ensamblaje y mecanizado realizadas por este PFC. Se ha obviado la declaración de la situación de cada punto dejando únicamente el nombre al definir cada punto. De esta forma el programa no queda demasiado extenso.

9.2.1 Ensamblaje sistema de saneamiento módulo del aguas

MODULE ensamblaje_saneamiento

CONST jointtarget aprox_mesa_almacen
CONST jointtarget aprox_mesa_ensamblaje
CONST robtarget Target_30
CONST robtarget tub200_10
CONST robtarget tub200_20
CONST robtarget tub200_30
CONST robtarget ensamb_tub200_1_10
CONST robtarget ensamb_tub200_1_20
CONST robtarget ensamb_tub200_1_30
CONST robtarget ensamb_tub200_1_40
CONST robtarget ensamb_tub200_1_50
CONST robtarget te_1_10
CONST robtarget te_1_20
CONST robtarget te_1_30
CONST robtarget ensamb_te1_10
CONST robtarget ensamb_te1_20
CONST robtarget ensamb_te1_30
CONST robtarget ensamb_te1_40
CONST robtarget ensamb_te1_50
CONST robtarget ensamb_te1_60
CONST robtarget tub200_40
CONST robtarget ensamb_tub200_2_10
CONST robtarget ensamb_tub200_2_20
CONST robtarget ensamb_tub200_2_30
CONST robtarget ensamb_tub200_2_40
CONST robtarget ensamb_tub200_2_50
CONST robtarget ensamb_tub200_2_60
CONST robtarget te_2_10
CONST robtarget te_2_20
CONST robtarget te_2_30

CONST robtarget ensamb_te2_10
CONST robtarget ensamb_te2_20
CONST robtarget ensamb_te2_30
CONST robtarget ensamb_te2_40
CONST robtarget ensamb_te2_50
CONST robtarget ensamb_te2_60
CONST robtarget tub200_50
CONST robtarget ensamb_tub200_3_30
CONST robtarget ensamb_tub200_3_40
CONST robtarget ensamb_tub200_3_50
CONST robtarget ensamb_tub200_3_60
CONST robtarget codo_1_10
CONST robtarget codo_1_20
CONST robtarget codo_1_30
CONST robtarget ensamb_codo1_10:
CONST robtarget ensamb_codo1_20
CONST robtarget ensamb_codo1_30
CONST robtarget ensamb_codo1_40
CONST robtarget ensamb_codo1_60
CONST robtarget tub300_10
CONST robtarget tub300_20
CONST robtarget tub300_30
CONST robtarget ensamb_tub300_1_10
CONST robtarget ensamb_tub300_1_20
CONST robtarget ensamb_tub300_1_30
CONST robtarget ensamb_tub300_1_40
CONST robtarget ensamb_tub300_1_50
CONST robtarget codo_2_10
CONST robtarget codo_2_20
CONST robtarget codo_2_30

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget ensamb_codo2_20	CONST robtarget ensamb_tub400_20
CONST robtarget ensamb_codo2_40	CONST robtarget ensamb_tub400_30
CONST robtarget ensamb_codo2_50	CONST robtarget ensamb_tub400_40
CONST robtarget ensamb_codo2_60	CONST robtarget ensamb_tub400_50
CONST robtarget ensamb_codo2_80	CONST robtarget codofinal_1_10
CONST robtarget ensamb_codo2_90	CONST robtarget codofinal_1_20
CONST robtarget tub300_40	CONST robtarget codofinal_1_30
CONST robtarget tub300_50	CONST robtarget ensamb_Codofinal_10
CONST robtarget codo_3_10	CONST robtarget ensamb_Codofinal_20
CONST robtarget codo_3_20	CONST robtarget ensamb_Codofinal_30
CONST robtarget codo_3_30	CONST robtarget ensamb_Codofinal_40
CONST robtarget ensamb_codo3_10	CONST robtarget ensamb_Codofinal_50
CONST robtarget ensamb_codo3_20	CONST robtarget ensamb_Codofinal_60
CONST robtarget ensamb_codo3_30	CONST robtarget codofinal_2_10
CONST robtarget ensamb_codo3_40	CONST robtarget codofinal_2_20
CONST robtarget ensamb_codo3_50	CONST robtarget codofinal_2_30
CONST robtarget ensamb_codo3_60	CONST robtarget ensamb_Pack_A_10
CONST robtarget tub450_10	CONST robtarget ensamb_Pack_A_20
CONST robtarget tub450_20	CONST robtarget ensamb_Pack_A_30
CONST robtarget tub450_30	CONST robtarget Pack_tub200_2_20
CONST robtarget ensamb_tub450_10	CONST robtarget Pack_tub200_2_10
CONST robtarget ensamb_tub450_20	CONST robtarget Pack_tub200_2_30
CONST robtarget ensamb_tub450_30	CONST robtarget ensamb_Pack_A_40
CONST robtarget ensamb_tub450_40	CONST robtarget ensamb_Pack_A_50
CONST robtarget ensamb_tub450_50	CONST robtarget ensamb_Pack_A_60
CONST robtarget conector_1_20	CONST robtarget ensamb_Pack_A_70
CONST robtarget conector_1_30	CONST robtarget ensamb_Pack_A_80
CONST robtarget ensamb_conector_10	CONST robtarget ensamb_Pack_A_90
CONST robtarget ensamb_conector_20	CONST robtarget Ensamb_Pack_B1_10
CONST robtarget ensamb_conector_30	CONST robtarget Ensamb_Pack_B1_20
CONST robtarget ensamb_conector_40	CONST robtarget Ensamb_Pack_B1_30
CONST robtarget ensamb_conector_50	CONST robtarget Ensamb_Pack_B1_40
CONST robtarget ensamb_conector_60	CONST robtarget Ensamb_Pack_B1_50
CONST robtarget tub450_40	CONST robtarget Ensamb_Pack_B1_60
CONST robtarget conector_2_10	CONST robtarget Target_60:
CONST robtarget conector_2_20	CONST robtarget Target_70
CONST robtarget conector_2_30	CONST robtarget Ensamb_Pack_B2_10
CONST robtarget tub400_10	CONST robtarget Ensamb_Pack_B2_20
CONST robtarget tub400_20	CONST robtarget Ensamb_Pack_B2_30
CONST robtarget tub400_30	CONST robtarget Ensamb_Pack_B2_40
CONST robtarget tub400_40	CONST robtarget Ensamb_Pack_B2_50
CONST robtarget ensamb_tub400_10	CONST robtarget Ensamb_Pack_B2_60

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget Ensamb_Pack_C1_10
CONST robtarget Ensamb_Pack_C1_20
CONST robtarget Ensamb_Pack_C1_30
CONST robtarget Ensamb_Pack_C1_40
CONST robtarget Ensamb_Pack_C1_50
ONST robtarget Ensamb_Pack_C1_60
CONST robtarget Pack_C_tub450_10
CONST robtarget Pack_C_tub450_20
CONST robtarget Pack_C_tub450_30
CONST robtarget Ensamb_Pack_C2_10
CONST robtarget Ensamb_Pack_C2_20
CONST robtarget Ensamb_Pack_C2_30
CONST robtarget Ensamb_Pack_C2_40
CONST robtarget Ensamb_Pack_C2_50
CONST robtarget Ensamb_Pack_C2_60
CONST robtarget Ensamb_Pack_D_10
CONST robtarget Ensamb_Pack_D_20
CONST robtarget Ensamb_Pack_D_30
CONST robtarget Ensamb_Pack_D1_10
CONST robtarget Ensamb_Pack_D1_20
CONST robtarget Ensamb_Pack_D1_30
CONST robtarget Ensamb_Pack_D2_10
CONST robtarget Ensamb_Pack_D2_20
CONST robtarget Ensamb_Pack_D2_30
CONST robtarget abrazadera_25_1_10
CONST robtarget abrazadera_25_1_20
CONST robtarget abrazadera_25_1_30
CONST robtarget abrazadera_25_2_10
CONST robtarget abrazadera_25_2_20
CONST robtarget abrazadera_25_2_30
CONST robtarget abrazadera_25_3_10
CONST robtarget abrazadera_25_3_20
CONST robtarget abrazadera_25_3_30
CONST robtarget abrazadera_25_4_10
CONST robtarget abrazadera_25_4_20
CONST robtarget abrazadera_25_4_30
CONST robtarget abrazadera_25_5_10
CONST robtarget abrazadera_25_5_20
CONST robtarget abrazadera_25_5_30
CONST robtarget abrazadera_25_6_10
CONST robtarget abrazadera_25_6_20
CONST robtarget abrazadera_25_6_30

CONST robtarget abrazadera_25_7_10
CONST robtarget abrazadera_25_7_20
CONST robtarget abrazadera_25_7_30
CONST robtarget abrazadera_25_8_10
CONST robtarget abrazadera_25_8_20
CONST robtarget abrazadera_25_8_30
CONST robtarget abrazadera_25_9_10
CONST robtarget abrazadera_25_9_20
CONST robtarget abrazadera_25_9_30
CONST robtarget abrazadera_20_1_10
CONST robtarget abrazadera_20_1_20
CONST robtarget abrazadera_20_1_30
CONST robtarget abrazadera_20_2_10
CONST robtarget abrazadera_20_2_20
CONST robtarget abrazadera_20_2_30
CONST robtarget abrazadera_20_3_10
CONST robtarget abrazadera_20_3_20
CONST robtarget abrazadera_20_3_30
CONST robtarget abrazadera_20_4_10
CONST robtarget abrazadera_20_4_20
CONST robtarget abrazadera_20_4_30
CONST robtarget abraztaladro_25_1_10
CONST robtarget abraztaladro_25_1_20
CONST robtarget abraztaladro_25_1_30
CONST robtarget abraztaladro_25_1_40
CONST robtarget abraztaladro_25_2_10
CONST robtarget abraztaladro_25_2_20
CONST robtarget abraztaladro_25_2_30
CONST robtarget abraztaladro_25_2_40
CONST robtarget abraztaladro_25_3_10
CONST robtarget abraztaladro_25_3_20
CONST robtarget abraztaladro_25_3_30
CONST robtarget abraztaladro_25_3_40
CONST robtarget abraztaladro_25_4_10
CONST robtarget abraztaladro_25_4_20
CONST robtarget abraztaladro_25_4_30
CONST robtarget abraztaladro_25_4_40
CONST robtarget abraztaladro_25_5_10
CONST robtarget abraztaladro_25_5_20
CONST robtarget abraztaladro_25_5_30
CONST robtarget abraztaladro_25_5_40
CONST robtarget abraztaladro_25_6_10

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget abraztaladro_25_6_20
CONST robtarget abraztaladro_25_6_30
CONST robtarget abraztaladro_25_6_40
CONST robtarget abraztaladro_25_7_10
CONST robtarget abraztaladro_25_7_20
CONST robtarget abraztaladro_25_7_30
CONST robtarget abraztaladro_25_7_40
CONST robtarget abraztaladro_25_8_10
CONST robtarget abraztaladro_25_8_20
CONST robtarget abraztaladro_25_8_30
CONST robtarget abraztaladro_25_8_40
CONST robtarget abraztaladro_25_9_10
CONST robtarget abraztaladro_25_9_20
CONST robtarget abraztaladro_25_9_30
CONST robtarget abraztaladro_25_9_40
CONST robtarget abraztaladro_20_1_10
CONST robtarget abraztaladro_20_1_20
CONST robtarget abraztaladro_20_1_30
CONST robtarget abraztaladro_20_1_40
CONST robtarget abraztaladro_20_2_10
CONST robtarget abraztaladro_20_2_20
CONST robtarget abraztaladro_20_2_30
CONST robtarget abraztaladro_20_2_40
CONST robtarget abraztaladro_20_3_10
CONST robtarget abraztaladro_20_3_20
CONST robtarget abraztaladro_20_3_30
CONST robtarget abraztaladro_20_3_40
CONST robtarget abraztaladro_20_4_10
CONST robtarget abraztaladro_20_4_20
CONST robtarget abraztaladro_20_4_30
CONST robtarget abraztaladro_20_4_40
CONST robtarget taladro_25_1_10
CONST robtarget taladro_25_1_20
CONST robtarget taladro_25_1_30
CONST robtarget taladro_25_1_40
CONST robtarget taladro_25_2_10
CONST robtarget taladro_25_2_20
CONST robtarget taladro_25_2_30
CONST robtarget taladro_25_2_40
CONST robtarget taladro_25_3_10
CONST robtarget taladro_25_3_20
CONST robtarget taladro_25_3_30

CONST robtarget taladro_25_3_40
CONST robtarget taladro_25_4_10
CONST robtarget taladro_25_4_20
CONST robtarget taladro_25_4_30
CONST robtarget taladro_25_4_40
CONST robtarget taladro_25_5_10
CONST robtarget taladro_25_5_20
CONST robtarget taladro_25_5_30
CONST robtarget taladro_25_5_40
CONST robtarget taladro_25_6_10
CONST robtarget taladro_25_6_20
CONST robtarget taladro_25_6_30
CONST robtarget taladro_25_6_40
CONST robtarget taladro_25_7_10
CONST robtarget taladro_25_7_20
CONST robtarget taladro_25_7_30
CONST robtarget taladro_25_7_40
CONST robtarget taladro_25_8_10
CONST robtarget taladro_25_8_20
CONST robtarget taladro_25_8_30
CONST robtarget taladro_25_8_40
CONST robtarget taladro_25_9_10
CONST robtarget taladro_25_9_20
CONST robtarget taladro_25_9_30
CONST robtarget taladro_25_9_40
CONST robtarget taladro_20_1_10
CONST robtarget taladro_20_1_20
CONST robtarget taladro_20_1_30
CONST robtarget taladro_20_1_40
CONST robtarget taladro_20_2_10
CONST robtarget taladro_20_2_20
CONST robtarget taladro_20_2_30
CONST robtarget taladro_20_2_40
CONST robtarget taladro_20_3_10
CONST robtarget taladro_20_3_20
CONST robtarget taladro_20_3_30
CONST robtarget taladro_20_3_40
CONST robtarget taladro_20_4_10
CONST robtarget taladro_20_4_20
CONST robtarget taladro_20_4_30
CONST robtarget taladro_20_4_40


```
PROC ensamb_Modulo_A()                                     *** PRE-ENSAMBLAJE MÓDULO-A***
    *** SUB-ENSAMBLO TUB200-1 ***

    MoveAbsJ aprox_mesa_almacen\NoEOffs, v1000, fine, tool0;
    MoveJ tub200_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
    MoveL tub200_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
    MoveL tub200_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;

    WaitTime 1;
    Set DO10_2;
    WaitTime 1;

    MoveL tub200_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
    MoveL tub200_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
    MoveJ ensamb_tub200_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
    MoveL ensamb_tub200_1_20,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
    MoveL ensamb_tub200_1_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;

    WaitTime 1;
    Reset DO10_2;
    WaitTime 1;

    MoveL ensamb_tub200_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
    MoveL ensamb_tub200_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
    MoveL ensamb_tub200_1_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
    MoveL ensamb_tub200_1_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;

    WaitTime 1;
    Set DO10_4;
    WaitTime 1;

    MoveL ensamb_tub200_1_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
    *** SUB-ENSAMBLO TE-1 ***

    MoveJ te_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
    MoveL te_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
    MoveL te_1_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;

    WaitTime 1;
    Set DO10_2;
    WaitTime 1;

    MoveL te_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
    MoveL te_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
    MoveJ ensamb_te1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
    MoveL ensamb_te1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
    MoveL ensamb_te1_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
    MoveL ensamb_te1_40,v5,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;

    WaitTime 1;
    Reset DO10_2;
    WaitTime 1;
```

```
MoveL ensamb_te1_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_te1_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
*** SUB-ENSAMBLO TUB200-2 ***
MoveJ tub200_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
MoveL tub200_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
MoveL tub200_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
MoveL tub200_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL tub200_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
MoveL tub200_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
MoveJ ensamb_tub200_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_tub200_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_tub200_2_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_tub200_2_40,v5,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_tub200_2_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_tub200_2_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
*** SUB-ENSAMBLO TE-2 ***
MoveJ te_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL te_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL te_2_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL te_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL te_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveJ ensamb_te2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_te2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_te2_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_te2_40,v5,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_te2_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_te2_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
*** SUB-ENSAMBLO TUB200-3 ***
MoveJ tub200_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
MoveL tub200_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
```

```
MoveL tub200_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
MoveL tub200_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
MoveL tub200_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL tub200_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
MoveL tub200_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub200_dim25;
MoveJ ensamb_tub200_3_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_tub200_3_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_tub200_3_30,v20,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_tub200_3_40,v5,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_tub200_3_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_tub200_3_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
*** SUB-ENSAMBLO CODO-1 ***
MoveJ codo_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL codo_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL codo_1_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL codo_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL codo_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveJ ensamb_codo1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_codo1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_codo1_30,v20,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_codo1_40,v5,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_codo1_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveL ensamb_codo1_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
```

ENDPROC

PROC Pack_Mod_A

*** ENSAMBLO MÓDULO A ***

```
MoveJ ensamb_codo1_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_A;
MoveJ Pack_tub200_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL Pack_tub200_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL Pack_tub200_2_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
WaitTime 1;
```

```
Set DO10_2;
Reset DO10_4;
WaitTime 1;
MoveL Pack_tub200_2_20, v50, z100, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL Pack_tub200_2_10, v1000, z100, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveJ ensamb_Pack_A_10, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_20, v100, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_30, v5, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_Pack_A_20, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_10, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_40, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_50, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_40, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_60, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_70, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_60, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_80, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_90, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveL ensamb_Pack_A_80, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen\NoEOffs, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
```

ENDPROC

```
PROC ensamb_Modulo_B_1()          *** PRE-ENSAMBLO MÓDULO B-11 ***
*** SUB-ENSAMBLO TUBO300-1 ***
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen\NoEOffs, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_A;
MoveJ tub300_10, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub300_dim25;
MoveL tub300_20, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub300_dim25;
MoveL tub300_40, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub300_dim25;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL tub300_20, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub300_dim25;
MoveL tub300_10, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub300_dim25;
MoveJ ensamb_tub300_1_10, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_tub300_1_20, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_tub300_1_30, v50, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
```

```
MoveL ensamb_tub300_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_tub300_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_tub300_1_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_tub300_1_50,v50, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
WaitTime 1;
Set DO10_4;
WaitTime 1;
*** SUB-ENSAMBLO CODO-2***
MoveL ensamb_tub300_1_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveJ codo_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL codo_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL codo_2_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL codo_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL codo_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveJ ensamb_codo2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo2_30, v50, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo2_40, v5, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_codo2_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo2_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
```

ENDPROC

PROC Pack_Mod_B_1()

*** ENSAMBLO MÓDULO B-1 ***

```
MoveJ ensamb_codo2_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo2_90, v50, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo2_80,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveJ ensamb_codo2_70, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
Reset DO10_4;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_codo2_80,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo2_90, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveJ Target_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
MoveJ Ensamb_Pack_B1_10,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
```

```
MoveL Ensamb_Pack_B1_20,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;  
MoveL Ensamb_Pack_B1_30, v20, z100, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;  
MoveL Ensamb_Pack_B1_40, v20, z100, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;  
WaitTime 1;  
Reset DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveL Ensamb_Pack_B1_50, v1000, z100, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;  
MoveL Ensamb_Pack_B1_60, v1000, z100, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
```

ENDPROC

```
PROC ensamb_Modulo_B_2()          *** PRE-ENSAMBLO MÓDULO B-2***  
    *** SUB-ENSAMBLO TUBO 200-2***  
    MoveAbsJ aprox_mesa_almacen\NoEOffs, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento;  
    MoveJ tub300_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub300_dim25;  
    MoveL tub300_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub300_dim25;  
    MoveL tub300_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub300_dim25;  
    WaitTime 1;  
    Set DO10_2;  
    WaitTime 1;  
    MoveL tub300_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub300_dim25;  
    MoveL tub300_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub300_dim25;  
    MoveJ ensamb_tub300_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;  
    MoveL ensamb_tub300_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;  
    MoveL ensamb_tub300_1_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;  
    WaitTime 1;  
    Reset DO10_2;  
    WaitTime 1;  
    MoveL ensamb_tub300_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;  
    MoveL ensamb_tub300_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;  
    MoveL ensamb_tub300_1_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;  
    MoveL ensamb_tub300_1_50, v50, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;  
    WaitTime 1;  
    Set DO10_4;  
    WaitTime 1;  
    MoveL ensamb_tub300_1_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;  
    *** SUB-ENSAMBLO CODO-3***  
    MoveJ codo_3_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;  
    MoveL codo_3_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;  
    MoveL codo_3_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;  
    WaitTime 1;  
    Set DO10_2;  
    WaitTime 1;
```

```
MoveL codo_3_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL codo_3_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveJ ensamb_codo3_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo3_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo3_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo3_40,v5,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_codo3_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo3_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
```

ENDPROC

PROC Pack_Mod_B_2()

*** ENSAMBLO MÓDULO B-2***

```
MoveJ ensamb_codo2_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo2_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo2_40,v100,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
Reset DO10_4;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_codo2_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveL ensamb_codo2_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_B;
MoveJ Target_70,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
MoveJ Ensamb_Pack_B2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
MoveL Ensamb_Pack_B2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
MoveL Ensamb_Pack_B2_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
MoveL Ensamb_Pack_B2_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL Ensamb_Pack_B2_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
MoveL Ensamb_Pack_B2_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor;
```

ENDPROC

PROC ensamb_Modulo_C_1()

*** PRE-ENSAMBLO MÓDULO C-1***

*** SUB-ENSAMBLO TUBO450-1***

```
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen\NoEOffs,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
MoveJ tub450_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub450_dim25;
MoveL tub450_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub450_dim25;
```

```
MoveL tub450_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub450_dim25;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL tub450_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub450_dim25;
MoveL tub450_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub450_dim25;
MoveJ ensamb_tub450_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_tub450_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_tub450_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_tub450_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_tub450_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_tub450_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_tub450_50, v20, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
WaitTime 1;
Set DO10_4;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_tub450_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
*** SUB-ENSAMBLO REDUCTOR-1 ***
MoveJ conector_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL conector_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL conector_1_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL conector_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL conector_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveJ ensamb_conector_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_conector_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_conector_30, v50, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_conector_40, v5, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_conector_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_conector_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
ENDPROC

PROC Pack_Mod_C_1()
*** ENSAMBLO MÓDULO C-1 ***
MoveJ ensamb_conector_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
```



```
MoveJ Pack_C_tub450_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveJ Pack_C_tub450_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveJ Pack_C_tub450_30, v20, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
Reset DO10_4;
WaitTime 1;
MoveJ Pack_C_tub450_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveJ Ensamb_Pack_C1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
MoveL Ensamb_Pack_C1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
MoveL Ensamb_Pack_C1_30, v20, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
MoveL Ensamb_Pack_C1_40, v5, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL Ensamb_Pack_C1_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
MoveL Ensamb_Pack_C1_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
```

ENDPROC

PROC ensamb_Modulo_C_2()

*** PRE-ENSAMBLO MÓDULO C-2***

*** SUB-ENSAMBLO TUBO450-2***

```
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen\NoEOffs, v1000, fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_B;
MoveJ tub450_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub450_dim25;
MoveL tub450_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub450_dim25;
MoveL tub450_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub450_dim25;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL tub450_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub450_dim25;
MoveL tub450_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub450_dim25;
MoveJ ensamb_tub450_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_tub450_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_tub450_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_tub450_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_tub450_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_tub450_40, v500, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_tub450_50, v500, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
WaitTime 1;
```

```
Set DO10_4;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_tub450_40, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
*** SUB-ENSAMBLO REDUCTOR-2***
MoveJ conector_2_10, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL conector_2_20, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL conector_2_30, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL conector_2_20, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL conector_2_10, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveJ ensamb_conector_10, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_conector_20, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_conector_30, v5, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_conector_40, v5, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_conector_50, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveL ensamb_conector_60, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
ENDPROC
```

```
PROC Pack_Mod_C_20                                     *** ENSAMBLO MÓDULO C-2***
MoveJ ensamb_conector_60, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveJ Pack_C_tub450_10, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveJ Pack_C_tub450_20, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveJ Pack_C_tub450_30, v20, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
Reset DO10_4;
WaitTime 1;
MoveJ Pack_C_tub450_10, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_C;
MoveJ Ensamb_Pack_C2_10, v1500, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
MoveL Ensamb_Pack_C2_20, v1500, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
MoveL Ensamb_Pack_C2_30, v1500, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
MoveL Ensamb_Pack_C2_40, v20, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL Ensamb_Pack_C2_50, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
```

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

```
MoveL Ensamb_Pack_C2_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_C;
ENDPROC

PROC ensamb_Modulo_D_1()                                     *** PRE-ENSAMBLO MÓDULO D-1 ***
    *** SUB-ENSAMBLO TUBO 400-1 ***
    MoveAbsJ aprox_mesa_almacen\NoEOffs, v1000, fine, tool0;
    MoveJ tub400_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub400_dim20;
    MoveL tub400_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub400_dim20;
    MoveL tub400_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub400_dim20;
    WaitTime 1;
    Set DO10_2;
    WaitTime 1;
    MoveL tub400_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub400_dim20;
    MoveL tub400_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=tub400_dim20;
    MoveJ ensamb_tub400_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    MoveL ensamb_tub400_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    MoveL ensamb_tub400_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    WaitTime 1;
    Reset DO10_2;
    WaitTime 1;
    MoveL ensamb_tub400_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    MoveL ensamb_tub400_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    MoveL ensamb_tub400_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    MoveL ensamb_tub400_50, v50, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    WaitTime 1;
    Set DO10_4;
    WaitTime 1;
    MoveL ensamb_tub400_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    *** SUB-ENSAMBLO CODOFINAL-1 ***
    MoveJ codofinal_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
    MoveL codofinal_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
    MoveL codofinal_1_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
    WaitTime 1;
    Set DO10_2;
    WaitTime 1;
    MoveL codofinal_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
    MoveL codofinal_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
    MoveJ ensamb_Codofinal_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    MoveL ensamb_Codofinal_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    MoveL ensamb_Codofinal_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    MoveL ensamb_Codofinal_40,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
    WaitTime 1;
```

```
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamblaje_modulo_D;
MoveL ensamblaje_modulo_D;
ENDPROC
```

```
PROC Pack_Mod_D_1()                                     *** ENSAMBLO MÓDULO D-1 ***
MoveL ensamblaje_modulo_D;
MoveJ Pacq_Mod_D;
MoveL Pacq_Mod_D;
MoveL Pacq_Mod_D;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
Reset DO10_4;
WaitTime 1;
MoveJ Pacq_Mod_D;
MoveJ Pacq_Mod_D;
MoveL Pacq_Mod_D;
MoveL Pacq_Mod_D;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
Reset DO10_7;
WaitTime 1;
MoveJ Pacq_Mod_D;
MoveAbsJ aproxi_mesa_ensamblaje, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;
ENDPROC
```

```
PROC ensamblaje_modulo_D_2()                             *** PRE-ENSAMBLO MÓDULO D-2 ***
*** TUBO400-2 ***
MoveAbsJ aproxi_mesa_almacen, v1000, fine, tool0;
MoveJ tub400_dim20;
MoveL tub400_dim20;
MoveL tub400_dim20;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL tub400_dim20;
MoveL tub400_dim20;
MoveJ ensamblaje_modulo_D;
MoveL ensamblaje_modulo_D;
MoveL ensamblaje_modulo_D;
```

```
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_tub400_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
MoveL ensamb_tub400_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
MoveL ensamb_tub400_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
MoveL ensamb_tub400_50, v50, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
WaitTime 1;
Set DO10_4;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_tub400_40,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
*** SUB-ENSAMBLO CODOFINAL-2***
MoveJ codofinal_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL codofinal_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL codofinal_2_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL codofinal_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveL codofinal_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=almacen_racores;
MoveJ ensamb_Codofinal_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
MoveL ensamb_Codofinal_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
MoveL ensamb_Codofinal_30,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
MoveL ensamb_Codofinal_40,v50,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL ensamb_Codofinal_50,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
MoveL ensamb_Codofinal_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
ENDPROC
```

```
PROC Pack_Mod_D_2() *** ENSAMBLO MÓDULO D-2***
MoveL ensamb_Codofinal_60,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=ensamblaje_modulo_D;
MoveJ Ensamb_Pack_D_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_D;
MoveL Ensamb_Pack_D_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_D;
MoveL Ensamb_Pack_D_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_D;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
Reset DO10_4;
WaitTime 1;
MoveJ Ensamb_Pack_D_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_D;
MoveJ Ensamb_Pack_D2_10, v1000, fine, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_D;
```

```
MoveL Ensamb_Pack_D2_20,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_D;
MoveL Ensamb_Pack_D2_30,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_D;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
Reset DO10_7;
WaitTime 1;
MoveJ Ensamb_Pack_D2_10,v1000,fine,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Pacq_Mod_D;
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;
ENDPROC
PROC Mecanizado_bastidor_25()                                     *** TALADROS BASTIDORDE 25***
    MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;
        *** WARM-UP***
        Set DO10_15;
        Set DO10_16;
        Set DO10_8;
        SetGO vel_motor, 16;
        WaitTime 10;
        SetGO vel_motor, 32;
        WaitTime 20;
        SetGO vel_motor, 48;
        WaitTime 20;
        SetGO vel_motor, 63;
        WaitTime 10;
        WaitTime 2;
        SetGO vel_motor, 48;
        WaitTime 2;
    *** TALADRO 1***
        MoveL taladro_25_1_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_1_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_1_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_1_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_1_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_1_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_1_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
    *** TALADRO 2***
        MoveL taladro_25_2_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_2_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_2_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_2_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_2_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_2_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
        MoveL taladro_25_2_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
```

*** TALADRO 3***

MoveL taladro_25_3_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_3_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_3_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_3_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_3_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_3_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_3_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;

*** TALADRO 4***

MoveL taladro_25_4_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_4_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_4_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_4_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_4_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_4_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_4_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;

*** TALADRO 5***

MoveL taladro_25_5_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_5_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_5_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_5_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_5_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_5_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_5_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;

*** TALADRO 6***

MoveL taladro_25_6_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_6_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_6_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_6_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_6_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_6_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_6_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;

*** TALADRO 7***

MoveL taladro_25_7_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_7_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_7_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_7_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_7_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_7_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_25_7_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;

*** TALADRO 8***

MoveL taladro_25_8_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

```
MoveL taladro_25_8_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveL taladro_25_8_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveL taladro_25_8_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveL taladro_25_8_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveL taladro_25_8_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveL taladro_25_8_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
```

*** TALADRO 9***

```
MoveL taladro_25_9_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveL taladro_25_9_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveL taladro_25_9_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveL taladro_25_9_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveL taladro_25_9_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveL taladro_25_9_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveL taladro_25_9_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;  
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;
```

*** APAGADO***

```
WaitTime 1;  
SetGO vel_motor, 48;  
WaitTime 1;  
SetGO vel_motor, 32;  
WaitTime 1;  
SetGO vel_motor, 16;  
WaitTime 1;  
SetGO vel_motor, 0;  
WaitTime 1;  
Reset DO10_8;  
Reset DO10_16;  
Reset DO10_15;
```

ENDPROC

PROC Mecanizado_bastidor_20()

*** TALADROS BASTIDORDE 20***

```
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;
```

*** WARM-UP***

```
Set DO10_15;  
Set DO10_16;  
Set DO10_8;  
SetGO vel_motor, 16;  
WaitTime 10;  
SetGO vel_motor, 32;  
WaitTime 20;  
SetGO vel_motor, 48;  
WaitTime 20;
```



```
SetGO vel_motor, 63;
WaitTime 10;
WaitTime 2;
SetGO vel_motor, 48;
WaitTime 2;

*** TALADRO 1 ***

MoveL taladro_20_1_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_1_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_1_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_1_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_1_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_1_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_1_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;

*** TALADRO 2 ***

MoveL taladro_20_2_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_2_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_2_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_2_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_2_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_2_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_2_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;

*** TALADRO 3 ***

MoveL taladro_20_3_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_3_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_3_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_3_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_3_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_3_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_3_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;

*** TALADRO 4 ***

MoveL taladro_20_4_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_4_20,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_4_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_4_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_4_30,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_4_40,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveL taladro_20_4_10,v1000,fine,TCP_Herramienta_mecanizado\WObj:=taladros_25;
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;

*** APAGADO ***

WaitTime 1;
SetGO vel_motor, 48;
WaitTime 1;
```

```
SetGO vel_motor, 32;  
WaitTime 1;  
SetGO vel_motor, 16;  
WaitTime 1;  
SetGO vel_motor, 0;  
WaitTime 1;  
Reset DO10_8;  
Reset DO10_16;  
Reset DO10_15;
```

ENDPROC

PROC Abrazadera_25_1()

*** ANCLAJE ENSAMBLADERA 25-1***

```
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveJ abrazadera_25_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_1_30,v50,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
WaitTime 1;  
Set DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveJ abrazadera_25_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;  
MoveL abraztaladro_25_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_1_30,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_1_40,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
WaitTime 1;  
Reset DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveL abraztaladro_25_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
```

ENDPROC

PROC Abrazadera_25_2()

*** ANCLAJE ENSAMBLADERA 25-2***

```
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveJ abrazadera_25_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_2_30,v50,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
WaitTime 1;  
Set DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveJ abrazadera_25_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;  
MoveL abraztaladro_25_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
```

```
MoveL abraztaladro_25_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_2_30,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_2_40,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
WaitTime 1;  
Reset DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveL abraztaladro_25_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
```

ENDPROC

```
PROC Abrazadera_25_3()                                     *** ANCLAJE ENSAMBLADERA 25-3***  
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveJ abrazadera_25_3_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_3_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_3_30,v50,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
WaitTime 1;  
Set DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveJ abrazadera_25_3_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;  
MoveL abraztaladro_25_3_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_3_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_3_30,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_3_40,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
WaitTime 1;  
Reset DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveL abraztaladro_25_3_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
```

ENDPROC

```
PROC Abrazadera_25_4()                                     *** ANCLAJE ENSAMBLADERA 25-4***  
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveJ abrazadera_25_4_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_4_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_4_30,v50,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
WaitTime 1;  
Set DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveJ abrazadera_25_4_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;  
MoveL abraztaladro_25_4_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_4_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_4_30,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
```

```
MoveL abraztaladro_25_4_40,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
WaitTime 1;  
Reset DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveL abraztaladro_25_4_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
```

ENDPROC

```
PROC Abrazadera_25_5()                                     *** ANCLAJE ENSAMBLADERA 25-5***  
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveJ abrazadera_25_5_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_5_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_5_30,v50,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
WaitTime 1;  
Set DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveJ abrazadera_25_5_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;  
MoveL abraztaladro_25_5_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_5_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_5_30,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_5_40,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
WaitTime 1;  
Reset DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveL abraztaladro_25_5_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
```

ENDPROC

```
PROC Abrazadera_25_6()                                     *** ANCLAJE ENSAMBLADERA 25-6***  
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveJ abrazadera_25_6_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_6_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveL abrazadera_25_6_30,v50,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
WaitTime 1;  
Set DO10_2;  
WaitTime 1;  
MoveJ abrazadera_25_6_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;  
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;  
MoveL abraztaladro_25_6_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_6_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_6_30,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
MoveL abraztaladro_25_6_40,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;  
WaitTime 1;
```

```
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL abraztaladro_25_6_10, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
ENDPROC

PROC Abrazadera_25_7()                                     *** ANCLAJE ENSAMBLADERA 25-7***
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen, v1000, z100, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveJ abrazadera_25_7_10, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveL abrazadera_25_7_20, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveL abrazadera_25_7_30, v50, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveJ abrazadera_25_7_10, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;
MoveL abraztaladro_25_7_10, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveL abraztaladro_25_7_20, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveL abraztaladro_25_7_30, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveL abraztaladro_25_7_40, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL abraztaladro_25_7_10, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
ENDPROC

PROC Abrazadera_25_8()                                     *** ANCLAJE ENSAMBLADERA 25-8***
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen, v1000, z100, tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveJ abrazadera_25_8_10, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveL abrazadera_25_8_20, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveL abrazadera_25_8_30, v50, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveJ abrazadera_25_8_10, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;
MoveL abraztaladro_25_8_10, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveL abraztaladro_25_8_20, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveL abraztaladro_25_8_30, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveL abraztaladro_25_8_40, v1000, fine, tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
```

```
MoveL abraztaladro_25_8_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
ENDPROC

PROC Abrazadera_25_9()                                     *** ANCLAJE ENSAMBLADERA 25-9***
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveJ abrazadera_25_9_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveL abrazadera_25_9_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveL abrazadera_25_9_30,v50,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveJ abrazadera_25_9_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine, TCP_Herramienta_mecanizado;
MoveL abraztaladro_25_9_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveL abraztaladro_25_9_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveL abraztaladro_25_9_30,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveL abraztaladro_25_9_40,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL abraztaladro_25_9_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
ENDPROC
```

```
PROC Abrazadera_20_1()                                     *** ANCLAJE ENSAMBLADERA 20-1***
MoveAbsJ aprox_mesa_almacen,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveJ abrazadera_20_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveL abrazadera_20_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveL abrazadera_20_1_30,v50,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
WaitTime 1;
Set DO10_2;
WaitTime 1;
MoveJ abrazadera_20_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine,tcp_pinza_bastidor;
MoveJ abraztaladro_20_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveL abraztaladro_20_1_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveJ abraztaladro_20_1_30,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
MoveL abraztaladro_20_1_40,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
WaitTime 1;
Reset DO10_2;
WaitTime 1;
MoveL abraztaladro_20_1_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
ENDPROC
```

ENDPROC

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

```
PROC Abrazadera_20_2()                                *** ANCLAJE ENSAMBLADERA 20-2***
    MoveAbsJ aprox_mesa_almacen,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveJ abrazadera_20_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveL abrazadera_20_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveL abrazadera_20_2_30,v50,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    WaitTime 1;
    Set DO10_2;
    WaitTime 1;
    MoveJ abrazadera_20_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine,tcp_pinza_bastidor;
    MoveJ abraztaladro_20_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    MoveL abraztaladro_20_2_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    MoveL abraztaladro_20_2_30,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    MoveL abraztaladro_20_2_40,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    WaitTime 1;
    Reset DO10_2;
    WaitTime 1;
    MoveL abraztaladro_20_2_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
ENDPROC
```

```
PROC Abrazadera_20_3()                                *** ANCLAJE ENSAMBLADERA 20-3***
    MoveAbsJ aprox_mesa_almacen,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveJ abrazadera_20_3_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveL abrazadera_20_3_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveL abrazadera_20_3_30,v50,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    WaitTime 1;
    Set DO10_2;
    WaitTime 1;
    MoveJ abrazadera_20_3_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine,tcp_pinza_bastidor;
    MoveL abraztaladro_20_3_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    MoveL abraztaladro_20_3_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    MoveL abraztaladro_20_3_30,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    MoveL abraztaladro_20_3_40,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    WaitTime 1;
    Reset DO10_2;
    WaitTime 1;
    MoveL abraztaladro_20_3_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
ENDPROC
```

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

```
PROC Abrazadera_20_4()                                     *** ANCLAJE ENSAMBLADERA 20-4***
    MoveAbsJ aprox_mesa_almacen,v1000,z100,tcp_pinza_saneamiento\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveJ abrazadera_20_4_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveL abrazadera_20_4_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveL abrazadera_20_4_30,v50,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    WaitTime 1;
    Set DO10_2;
    WaitTime 1;
    MoveJ abrazadera_20_4_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=Abrazaderas_25;
    MoveAbsJ aprox_mesa_ensamblaje\NoEOffs, v1000, fine,tcp_pinza_bastidor;
    MoveL abraztaladro_20_4_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    MoveL abraztaladro_20_4_20,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    MoveL abraztaladro_20_4_30,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    MoveL abraztaladro_20_4_40,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
    WaitTime 1;
    Reset DO10_2;
    WaitTime 1;
    MoveL abraztaladro_20_4_10,v1000,fine,tcp_pinza_bastidor\WObj:=taladros_25;
ENDPROC
```


9.2.2 Mecanizado de piezas grandes

MODULE Corte_Puzzle_30fich

CONST robtarget Pto_Aprox

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_10

TASK PERS wobjdata Sufridera

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_20

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_30

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_40

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_50

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_60

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_70

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_80

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_90

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_100

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_110

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_120

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_130

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_140

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_150

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_160

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_170

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_180

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_190

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_200

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_210

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_220

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_230

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_240

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_250

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_260

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_270

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_280

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_290

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_300

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_310

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_320

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_330

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_340

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_350

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_360

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_370

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_380

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_390

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_400

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_410

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_420

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_430

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_440

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_450

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_460

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_470

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_480

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_490

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_500

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_510

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_520

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_530

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_540

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_550

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_560

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_570

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_580

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_590

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_600

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_610

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_620

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_630

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_640

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_650

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_660

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_670

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_680

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_690

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_700

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_710

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_720

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_730

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_740

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_750

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_760
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_770
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_780
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_790
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_800
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_810
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_820
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_830
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_840
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_850
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_860
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_870
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_880
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_890
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_900
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_910
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_920
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_930
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_940
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_950
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_960
CONST robtarget Grupo_1_2_3_4_970
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_10
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_20
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_30
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_40
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_50
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_60
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_70
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_80
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_90
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_100
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_110
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_120
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_130
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_140
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_150
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_160
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_170
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_180
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_190
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_200

CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_210
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_220
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_230
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_240
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_250
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_260
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_270
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_280
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_290
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_300
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_310
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_320
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_330
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_340
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_350
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_360
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_370
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_380
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_390
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_400
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_410
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_420
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_430
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_440
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_450
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_460
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_470
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_480
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_490
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_500
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_510
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_520
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_530
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_540
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_550
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_560
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_570
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_580
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_590
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_600
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_610
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_620

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_640
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_650
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_660
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_670
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_680
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_690
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_700
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_710
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_720
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_730
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_740
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_750
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_760
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_770
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_780
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_790
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_800
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_810
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_820
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_830
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_840
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_850
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_860
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_870
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_880
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_890
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_900
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_910
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_920
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_930
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_940
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_950
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_960
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_970
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_980
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_990
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1000
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1010
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1020
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1030
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1040
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1050

CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1060
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1070
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1080
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1090
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1100
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1110
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1120
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1130
CONST robtarget Grupo_5_6_10_9_1140
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_10
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_20
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_30
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_40
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_50
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_60
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_70
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_80
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_90
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_100
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_110
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_120
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_130
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_140
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_150
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_160
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_170
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_180
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_190
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_200
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_210
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_220
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_230
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_240
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_250
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_260
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_270
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_280
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_290
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_300
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_310
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_320
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_330

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_340	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_760
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_350	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_770
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_360	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_780
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_370	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_790
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_380	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_800
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_390	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_810
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_400	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_820
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_410	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_830
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_420	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_840
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_430	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_850
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_440	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_860
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_450	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_870
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_460	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_880
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_470	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_890
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_480	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_900
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_490	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_910
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_500	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_920
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_510	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_930
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_520	CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_940
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_530	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_10
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_540	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_20
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_550	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_30
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_560	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_40
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_570	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_50
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_580	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_60
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_590	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_70
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_600	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_80
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_610	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_90
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_620	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_100
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_630	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_110
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_640	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_120
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_650	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_130
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_660	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_140
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_670	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_150
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_680	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_160
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_690	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_170
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_700	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_180
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_710	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_190
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_720	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_200
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_730	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_210
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_740	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_220
CONST robtarget Grupo_6_7_9_8_750	CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_230

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE ROBOTIZADA

[illegible]

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1080	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_280
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1090	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_290
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1100	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_300
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1110	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_310
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1120	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_320
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1130	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_330
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1140	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_340
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1150	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_350
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1160	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_360
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1170	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_370
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1180	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_380
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1190	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_390
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1200	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_400
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1210	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_410
CONST robtarget Grupo_11_12_20_19_1220	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_420
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_10	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_430
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_20	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_440
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_30	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_450
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_40	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_460
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_50	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_470
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_60	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_480
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_70	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_490
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_80	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_500
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_90	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_510
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_100	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_520
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_110	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_530
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_120	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_540
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_130	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_550
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_140	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_560
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_150	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_570
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_160	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_580
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_170	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_590
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_180	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_600
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_190	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_610
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_200	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_620
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_210	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_630
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_220	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_640
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_230	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_650
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_240	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_660
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_250	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_670
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_260	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_680
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_270	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_690

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_700	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1120
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_710	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1130
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_720	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1140
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_730	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1150
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_740	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1160
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_750	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1170
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_760	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1180
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_770	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1190
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_780	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1200
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_790	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1210
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_800	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1220
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_810	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1230
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_820	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1240
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_830	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1250
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_840	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1260
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_850	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1270
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_860	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1280
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_870	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1290
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_880	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1300
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_890	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1310
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_900	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1320
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_910	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1330
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_920	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1340
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_930	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1350
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_940	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1360
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_950	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1370
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_960	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1380
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_970	CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1390
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_980	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_10
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_990	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_20
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1000	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_30
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1010	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_40
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1020	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_50
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1030	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_60
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1040	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_70
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1050	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_80
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1060	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_90
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1070	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_100
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1080	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_110
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1090	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_120
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1100	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_130
CONST robtarget Grupo_13_14_18_17_1110	CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_140

ANEXOS

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_990	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_220
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1000	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_230
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1010	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_240
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1020	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_250
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1030	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_260
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1040	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_270
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1050	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_280
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1060	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_290
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1070	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_300
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1080	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_310
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1090	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_320
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1100	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_330
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1110	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_340
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1120	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_350
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1130	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_360
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1140	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_370
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1150:	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_380
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1160	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_390
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1170	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_400
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1180	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_410
CONST robtarget Grupo_14_15_17_16_1190	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_420
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_10	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_430
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_20	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_440
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_30:	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_450
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_40	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_460
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_50	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_470
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_60	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_480
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_70	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_490
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_80	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_500
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_90	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_510
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_100	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_530:
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_110	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_540
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_120	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_550
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_130	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_560
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_140	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_570
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_150	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_580
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_160	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_590
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_170	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_600
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_180	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_610
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_190	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_620
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_200	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_630
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_210	CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_640

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_650	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27160
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_660	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27170
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_670	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27180
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_680	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27190
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_690	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27200
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_700	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27210
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_710	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27220
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_720	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27230
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_730	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27240
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_740	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27250
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_750	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27260
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_760	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27270
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_770	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27280
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_780	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27290
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_790	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27300
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_800	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27310
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_810	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27340
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_820	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27350
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_830	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27360
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_840	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27370
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_850	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27380
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_860	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27390
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_870	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27400
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_880	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27410
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_890	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27430
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_900	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27440:
CONST robtarget Grupo_21_22_30_29_910	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27450
CONST robtarget Grupo_23_24_28_2710	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27460
CONST robtarget Grupo_23_24_28_2720	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27470
CONST robtarget Grupo_23_24_28_2730	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27480
CONST robtarget Grupo_23_24_28_2740	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27490
CONST robtarget Grupo_23_24_28_2750	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27500
CONST robtarget Grupo_23_24_28_2760	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27510
CONST robtarget Grupo_23_24_28_2770	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27520
CONST robtarget Grupo_23_24_28_2780	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27530
CONST robtarget Grupo_23_24_28_2790	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27540
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27100	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27550
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27110	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27560
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27120	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27570
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27130	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27580
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27140	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27590
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27150	CONST robtarget Grupo_23_24_28_27600

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget Grupo_23_24_28_27610	CONST robtarget Grupo_23_24_28_271030
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27620	CONST robtarget Grupo_23_24_28_271040
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27630	CONST robtarget Grupo_23_24_28_271050
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27640	CONST robtarget Grupo_23_24_28_271060
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27650	CONST robtarget Grupo_23_24_28_271070
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27660	CONST robtarget Grupo_23_24_28_271080
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27670	CONST robtarget Grupo_23_24_28_271090
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27680	CONST robtarget Grupo_23_24_28_271100
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27690	CONST robtarget Grupo_23_24_28_271110
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27700	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_10
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27710	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_20
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27720	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_30
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27730	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_40
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27740	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_50
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27750	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_60
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27760	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_70
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27770	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_80
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27780	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_90
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27790	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_100
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27800	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_110
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27810	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_120
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27820	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_130
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27830	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_140
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27840	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_150
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27850	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_160
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27860	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_170
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27870	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_180
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27880	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_190
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27890	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_200
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27900	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_210
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27910	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_220
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27920	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_230
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27930	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_240
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27940	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_250
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27950	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_260
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27960	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_270
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27970	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_280
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27980	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_290
CONST robtarget Grupo_23_24_28_27990	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_300
CONST robtarget Grupo_23_24_28_271000	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_310
CONST robtarget Grupo_23_24_28_271010	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_320
CONST robtarget Grupo_23_24_28_271020	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_330

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_340	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_740
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_350	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_750
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_360	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_760
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_370	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_770
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_380	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_780
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_390	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_790
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_400	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_800
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_410	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_810
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_420	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_820
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_430	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_830
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_440	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_840
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_450	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_850
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_460	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_860
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_470	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_870
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_480	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_880
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_490	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_890
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_500	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_900
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_510	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_910
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_520	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_920
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_530	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_930
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_540	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_940
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_550	CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_950
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_560	CONST robtarget Centro_baldosa10
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_570	CONST robtarget Esquinas_baldosa10
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_580	CONST robtarget Esquinas_baldosa20
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_590	CONST robtarget Esquinas_baldosa30
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_600	CONST robtarget Esquinas_baldosa40
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_610	CONST robtarget cojo_baldosas_10
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_620	TASK PERS wobjdata cojo_baldosa
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_630	CONST robtarget cojo_baldosas_20
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_640	CONST robtarget cojo_baldosas_30
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_650	CONST robtarget dejo_baldosas_10
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_660	TASK PERS wobjdata dejo_baldosa
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_670	CONST robtarget dejo_baldosas_20
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_680	CONST robtarget dejo_baldosas_30
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_690	CONST robtarget Target_100
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_700	CONST robtarget Target_200
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_710	CONST robtarget Target_1_extra_11_12_20_19
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_720	
CONST robtarget Grupo_24_25_27_26_730	CONST robtarget Target_2_extra_11_12_20_19

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

PROC Grupo_1_2_3_4()

*** MECANIZADO SECTOR1_2_3_4***

```
MoveJ Pto_Aprox,v1000,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
MoveL Grupo_1_2_3_4_10,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_20,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_30,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_40,Grupo_1_2_3_4_50,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_60,Grupo_1_2_3_4_70,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_80,Grupo_1_2_3_4_90,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_100,Grupo_1_2_3_4_110,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_120,Grupo_1_2_3_4_130,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_140,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_150,Grupo_1_2_3_4_160,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_170,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_180,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_190,Grupo_1_2_3_4_200,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_210,Grupo_1_2_3_4_220,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_230,Grupo_1_2_3_4_240,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_250,Grupo_1_2_3_4_260,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_270,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_280,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_290,Grupo_1_2_3_4_300,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_310,Grupo_1_2_3_4_320,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_330,Grupo_1_2_3_4_340,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_350,Grupo_1_2_3_4_360,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_370,Grupo_1_2_3_4_380,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_390,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_400,Grupo_1_2_3_4_410,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_420,Grupo_1_2_3_4_430,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_440,Grupo_1_2_3_4_450,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_460,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_470,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_20,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_10,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_480,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_490,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_500,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_510,Grupo_1_2_3_4_520,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_530,Grupo_1_2_3_4_540,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_550,Grupo_1_2_3_4_560,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_570,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_580,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_590,Grupo_1_2_3_4_600,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
```

```
MoveC Grupo_1_2_3_4_610,Grupo_1_2_3_4_620,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_630,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_640,Grupo_1_2_3_4_650,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_660,Grupo_1_2_3_4_670,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_680,Grupo_1_2_3_4_690,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_700,Grupo_1_2_3_4_710,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_720,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_730,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_740,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_750,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_760,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_770,Grupo_1_2_3_4_780,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_790,Grupo_1_2_3_4_800,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_810,Grupo_1_2_3_4_820,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_830,Grupo_1_2_3_4_840,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_850,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_860,Grupo_1_2_3_4_870,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_880,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_890,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_900,Grupo_1_2_3_4_910,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_920,Grupo_1_2_3_4_930,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_1_2_3_4_940,Grupo_1_2_3_4_950,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_960,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_1_2_3_4_970,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Pto_Aprox,v1000,z100,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
```

ENDPROC

PROC Grupo_5_6_10_9()

*** MECANIZADO SECTOR5_6_10_9***

```
MoveJ Pto_Aprox,v1000,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
ConfL\Off;
MoveL Grupo_5_6_10_9_10,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_20,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_30,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_40,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_50,Grupo_5_6_10_9_60,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_70,Grupo_5_6_10_9_80,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_90,Grupo_5_6_10_9_100,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_110,Grupo_5_6_10_9_120,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_130,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_140,Grupo_5_6_10_9_150,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_160,Grupo_5_6_10_9_170,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_180,Grupo_5_6_10_9_190,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
```


MoveC Grupo_5_6_10_9_200,Grupo_5_6_10_9_210,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_220,Grupo_5_6_10_9_230,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_240,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_250,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_260,Grupo_5_6_10_9_270,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_280,Grupo_5_6_10_9_290,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_300,Grupo_5_6_10_9_310,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_320,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_330,Grupo_5_6_10_9_340,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_350,Grupo_5_6_10_9_360,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_370,Grupo_5_6_10_9_380,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_390,Grupo_5_6_10_9_400,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_410,Grupo_5_6_10_9_420,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_430,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_440,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_450,Grupo_5_6_10_9_460,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_470,Grupo_5_6_10_9_480,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_490,Grupo_5_6_10_9_500,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_510,Grupo_5_6_10_9_520,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_530,Grupo_5_6_10_9_540,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_550,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_560,Grupo_5_6_10_9_570,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_580,Grupo_5_6_10_9_590,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_600,Grupo_5_6_10_9_610,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_620,Grupo_5_6_10_9_630,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_640,Grupo_5_6_10_9_650,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_660,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_670,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_680,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_690,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_700,Grupo_5_6_10_9_710,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_720,Grupo_5_6_10_9_730,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_740,Grupo_5_6_10_9_750,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_760,Grupo_5_6_10_9_770,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_780,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_790,Grupo_5_6_10_9_800,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_810,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_820,Grupo_5_6_10_9_830,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_840,Grupo_5_6_10_9_850,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_860,Grupo_5_6_10_9_870,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_880,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

```
MoveL Grupo_5_6_10_9_890,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_900,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_910,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_920,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_930,Grupo_5_6_10_9_940,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_950,Grupo_5_6_10_9_960,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_970,Grupo_5_6_10_9_980,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_990,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_1000,Grupo_5_6_10_9_1010,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_1020,Grupo_5_6_10_9_1030,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_1040,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_1050,Grupo_5_6_10_9_1060,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_1070,Grupo_5_6_10_9_1080,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_1090,Grupo_5_6_10_9_1100,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_5_6_10_9_1110,Grupo_5_6_10_9_1120,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_1130,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_5_6_10_9_1140,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Pto_Aprox,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
```

ENDPROC

PROC Grupo_6_7_9_8()

*** MECANIZADO SECTOR6_7_9_8***

```
ConfL\Off;
MoveJ Pto_Aprox, v1000, fine, Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
MoveL Grupo_6_7_9_8_10,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_20,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_30,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_40,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_50,Grupo_6_7_9_8_60,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_70,Grupo_6_7_9_8_80,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_90,Grupo_6_7_9_8_100,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_110,Grupo_6_7_9_8_120,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_130,Grupo_6_7_9_8_140,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_150,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_160,Grupo_6_7_9_8_170,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_180,Grupo_6_7_9_8_190,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_200,Grupo_6_7_9_8_210,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_220,Grupo_6_7_9_8_230,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_240,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_250,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_260,Grupo_6_7_9_8_270,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_280,Grupo_6_7_9_8_290,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_300,Grupo_6_7_9_8_310,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
```


MoveC Grupo_6_7_9_8_320,Grupo_6_7_9_8_330,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_340,Grupo_6_7_9_8_350,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_360,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_370,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_380,Grupo_6_7_9_8_390,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_400,Grupo_6_7_9_8_410,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_420,Grupo_6_7_9_8_430,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_440,Grupo_6_7_9_8_450,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_460,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_20,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_10,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_470,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_480,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_490,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_500,Grupo_6_7_9_8_510,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_520,Grupo_6_7_9_8_530,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_540,Grupo_6_7_9_8_550,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_560,Grupo_6_7_9_8_570,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_580,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_590,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_600,Grupo_6_7_9_8_610,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_620,Grupo_6_7_9_8_630,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_640,Grupo_6_7_9_8_650,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_660,Grupo_6_7_9_8_670,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_680,Grupo_6_7_9_8_690,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_700,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_710,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_720,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_730,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_740,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_750,Grupo_6_7_9_8_760,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_770,Grupo_6_7_9_8_780,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_790,Grupo_6_7_9_8_800,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_810,Grupo_6_7_9_8_820,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_830,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_840,Grupo_6_7_9_8_850,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_860,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_870,Grupo_6_7_9_8_880,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_890,Grupo_6_7_9_8_900,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_6_7_9_8_910,Grupo_6_7_9_8_920,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_930,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_6_7_9_8_940,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

MoveL Pto_Aprox,v1000,z100,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;

ENDPROC

PROC Grupo_11_12_20_19()

*** MECANIZADO SECTOR11_12_20_19***

ConfL\Off;

MoveL Pto_Aprox,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;

MoveL Grupo_11_12_20_19_10,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_11_12_20_19_20,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_11_12_20_19_30,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_40,Grupo_11_12_20_19_50,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_60,Grupo_11_12_20_19_70,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_80,Grupo_11_12_20_19_90,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_100,Grupo_11_12_20_19_110,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_120,Grupo_11_12_20_19_130,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_11_12_20_19_140,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_150,Grupo_11_12_20_19_160,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_170,Grupo_11_12_20_19_180,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_190,Grupo_11_12_20_19_200,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_210,Grupo_11_12_20_19_220,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_230,Grupo_11_12_20_19_240,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_11_12_20_19_250,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_11_12_20_19_260,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_11_12_20_19_270,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_280,Grupo_11_12_20_19_290,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_300,Grupo_11_12_20_19_310,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_320,Grupo_11_12_20_19_330,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_340,Grupo_11_12_20_19_350,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_360,Grupo_11_12_20_19_370,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_11_12_20_19_380,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_390,Grupo_11_12_20_19_400,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_410,Grupo_11_12_20_19_420,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_430,Grupo_11_12_20_19_440,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_450,Grupo_11_12_20_19_460,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_11_12_20_19_470,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_11_12_20_19_480,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_490,Grupo_11_12_20_19_500,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_510,Grupo_11_12_20_19_520,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_530,Grupo_11_12_20_19_540,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_550,Grupo_11_12_20_19_560,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_570,Grupo_11_12_20_19_580,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_11_12_20_19_590,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_11_12_20_19_600,Grupo_11_12_20_19_610,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_11_12_20_19_620,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_630,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_640,Grupo_11_12_20_19_650,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_660,Grupo_11_12_20_19_670,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_680,Grupo_11_12_20_19_690,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_700,Grupo_11_12_20_19_710,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_720,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_730,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_740,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_750,Grupo_11_12_20_19_760,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_770,Grupo_11_12_20_19_780,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_790,Grupo_11_12_20_19_800,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_810,Grupo_11_12_20_19_820,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_830,Grupo_11_12_20_19_840,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_850,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_860,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_870,Grupo_11_12_20_19_880,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_910,Grupo_11_12_20_19_920,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_11_12_20_19_930,Grupo_11_12_20_19_940,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_950,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_960,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_970,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_980,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_990,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveCGrupo_11_12_20_19_1000,Grupo_11_12_20_19_1010,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveCGrupo_11_12_20_19_1020,Grupo_11_12_20_19_1030,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveCGrupo_11_12_20_19_1040,Grupo_11_12_20_19_1050,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveCGrupo_11_12_20_19_1060,Grupo_11_12_20_19_1070,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveCGrupo_11_12_20_19_1080,Grupo_11_12_20_19_1090,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveL Grupo_11_12_20_19_1100,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveCGrupo_11_12_20_19_1110,Grupo_11_12_20_19_1120,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveCGrupo_11_12_20_19_1130,Grupo_11_12_20_19_1140,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveCGrupo_11_12_20_19_1150,Grupo_11_12_20_19_1160,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveCGrupo_11_12_20_19_1170,Grupo_11_12_20_19_1180,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveCGrupo_11_12_20_19_1190,Grupo_11_12_20_19_1200,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveL Grupo_11_12_20_19_1210,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_11_12_20_19_1220,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Pto_Aprox,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;

ENDPROC

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

PROC Grupo_13_14_18_17()

*** MECANIZADO SECTOR13_14_18_17***

```
ConfL\Off;
MoveL Pto_Aprox,v1000,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
MoveL Grupo_13_14_18_17_10,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_20,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_30,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_40,Grupo_13_14_18_17_50,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_60,Grupo_13_14_18_17_70,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_80,Grupo_13_14_18_17_90,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_100,Grupo_13_14_18_17_110,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_120,Grupo_13_14_18_17_130,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_140,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_150,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_160,Grupo_13_14_18_17_170,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_180,Grupo_13_14_18_17_190,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_200,Grupo_13_14_18_17_210,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_220,Grupo_13_14_18_17_230,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_240,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_250,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_260,Grupo_13_14_18_17_270,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_280,Grupo_13_14_18_17_290,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_300,Grupo_13_14_18_17_310,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_320,Grupo_13_14_18_17_330,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_340,Grupo_13_14_18_17_350,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_360,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_370,Grupo_13_14_18_17_380,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_390,Grupo_13_14_18_17_400,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_410,Grupo_13_14_18_17_420,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_430,Grupo_13_14_18_17_440,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_450,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_460,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_470,Grupo_13_14_18_17_480,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_490,Grupo_13_14_18_17_500,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_510,Grupo_13_14_18_17_520,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_530,Grupo_13_14_18_17_540,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_550,Grupo_13_14_18_17_560,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_570,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_580,Grupo_13_14_18_17_590,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_600,Grupo_13_14_18_17_610,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_620,Grupo_13_14_18_17_630,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_640,Grupo_13_14_18_17_650,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_660,Grupo_13_14_18_17_670,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
```

MoveL Grupo_13_14_18_17_680,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_690,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_700,Grupo_13_14_18_17_710,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_720,Grupo_13_14_18_17_730,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_740,Grupo_13_14_18_17_750,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_760,Grupo_13_14_18_17_770,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_780,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_790,Grupo_13_14_18_17_800,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_810,Grupo_13_14_18_17_820,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_830,Grupo_13_14_18_17_840,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_850,Grupo_13_14_18_17_860,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_870,Grupo_13_14_18_17_880,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_20,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_10,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_890,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_900,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_910,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_920,Grupo_13_14_18_17_930,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_940,Grupo_13_14_18_17_950,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_960,Grupo_13_14_18_17_970,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_980,Grupo_13_14_18_17_990,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1000,Grupo_13_14_18_17_1010,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_1020,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_1030,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1040,Grupo_13_14_18_17_1050,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1060,Grupo_13_14_18_17_1070,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1080,Grupo_13_14_18_17_1090,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1100,Grupo_13_14_18_17_1110,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_1120,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_1130,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_1140,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_1150,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_1160,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1170,Grupo_13_14_18_17_1180,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1190,Grupo_13_14_18_17_1200,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1210,Grupo_13_14_18_17_1220,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1230,Grupo_13_14_18_17_1240,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1250,Grupo_13_14_18_17_1260,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_1270,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1280,Grupo_13_14_18_17_1290,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1300,Grupo_13_14_18_17_1310,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_13_14_18_17_1320,Grupo_13_14_18_17_1330,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

```
MoveC Grupo_13_14_18_17_1340, Grupo_13_14_18_17_1350, v500, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveC Grupo_13_14_18_17_1360, Grupo_13_14_18_17_1370, v500, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera
MoveL Grupo_13_14_18_17_1380, v500, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_13_14_18_17_1390, v500, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Pto_Aprox, v1000, fine, Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
```

ENDPROC

PROC Grupo_14_15_17_16()

*** MECANIZADO SECTOR14_15_17_16***

```
ConfL\Off;
MoveL Pto_Aprox, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
MoveL Grupo_14_15_17_16_10, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_20, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_30, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_40, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_50, Grupo_14_15_17_16_60, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_70, Grupo_14_15_17_16_80, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_90, Grupo_14_15_17_16_100, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_110, Grupo_14_15_17_16_120, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_130, Grupo_14_15_17_16_140, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_150, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_160, Grupo_14_15_17_16_170, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_180, Grupo_14_15_17_16_190, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_200, Grupo_14_15_17_16_210, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_220, Grupo_14_15_17_16_230, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_240, Grupo_14_15_17_16_250, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_260, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_270, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_280, Grupo_14_15_17_16_290, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_300, Grupo_14_15_17_16_310, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_320, Grupo_14_15_17_16_330, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_340, Grupo_14_15_17_16_350, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_360, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_370, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_380, Grupo_14_15_17_16_390, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_400, Grupo_14_15_17_16_410, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_420, Grupo_14_15_17_16_430, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_440, Grupo_14_15_17_16_450, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_460, Grupo_14_15_17_16_470, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_480, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_490, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_500, Grupo_14_15_17_16_510, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_520, Grupo_14_15_17_16_530, v100, fine, Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
```

MoveC Grupo_14_15_17_16_540,Grupo_14_15_17_16_550,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_560,Grupo_14_15_17_16_570,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_580,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_590,Grupo_14_15_17_16_600,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_610,Grupo_14_15_17_16_620,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_630,Grupo_14_15_17_16_640,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_650,Grupo_14_15_17_16_660,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_670,Grupo_14_15_17_16_680,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_20,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_10,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_690,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_700,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_710,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_720,Grupo_14_15_17_16_730,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_740,Grupo_14_15_17_16_750,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_760,Grupo_14_15_17_16_770,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_780,Grupo_14_15_17_16_790,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_800,Grupo_14_15_17_16_810,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_820,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_830,Grupo_14_15_17_16_840,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_850,Grupo_14_15_17_16_860,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_870,Grupo_14_15_17_16_880,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_890,Grupo_14_15_17_16_900,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_910,Grupo_14_15_17_16_920,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_930,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_940,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_950,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_960,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_970,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_980,Grupo_14_15_17_16_990,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_1000,Grupo_14_15_17_16_1010,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_1020,Grupo_14_15_17_16_1030,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_1040,Grupo_14_15_17_16_1050,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_1060,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_1070,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_1080,Grupo_14_15_17_16_1090,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_1100,Grupo_14_15_17_16_1110,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_1120,Grupo_14_15_17_16_1130,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_1140,Grupo_14_15_17_16_1150,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_14_15_17_16_1160,Grupo_14_15_17_16_1170,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_1180,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_14_15_17_16_1190,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

MoveL Pto_Aprox,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
ENDPROC

PROC Grupo_21_22_30_29() *** MECANIZADO SECTOR21_22_30_29***

ConfL\Off;

MoveL Pto_Aprox,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;

MoveL Grupo_21_22_30_29_10,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_20,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_30,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_40,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_50,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_60,Grupo_21_22_30_29_70,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_80,Grupo_21_22_30_29_90,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_100,Grupo_21_22_30_29_110,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_120,Grupo_21_22_30_29_130,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_140,Grupo_21_22_30_29_150,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_160,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_170,Grupo_21_22_30_29_180,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_190,Grupo_21_22_30_29_200,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_210,Grupo_21_22_30_29_220,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_230,Grupo_21_22_30_29_240,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_250,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_260,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_270,Grupo_21_22_30_29_280,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_290,Grupo_21_22_30_29_300,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_310,Grupo_21_22_30_29_320,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_330,Grupo_21_22_30_29_340,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_350,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_360,Grupo_21_22_30_29_370,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_380,Grupo_21_22_30_29_390,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_400,Grupo_21_22_30_29_410,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_420,Grupo_21_22_30_29_430,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_440,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_10,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_450,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_460,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveL Grupo_21_22_30_29_470,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_480,Grupo_21_22_30_29_490,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_500,Grupo_21_22_30_29_510,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_520,Grupo_21_22_30_29_530,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_540,Grupo_21_22_30_29_550,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

MoveC Grupo_21_22_30_29_560,Grupo_21_22_30_29_570,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;


```
MoveL Grupo_21_22_30_29_580,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_21_22_30_29_590,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_600,Grupo_21_22_30_29_610,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_620,Grupo_21_22_30_29_630,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_640,Grupo_21_22_30_29_650,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_660,Grupo_21_22_30_29_670,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_21_22_30_29_680,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_21_22_30_29_690,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_21_22_30_29_700,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_21_22_30_29_710,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_21_22_30_29_720,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_730,Grupo_21_22_30_29_740,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_750,Grupo_21_22_30_29_760,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_770,Grupo_21_22_30_29_780,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_790,Grupo_21_22_30_29_800,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_21_22_30_29_810,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_820,Grupo_21_22_30_29_830,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_840,Grupo_21_22_30_29_850,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_860,Grupo_21_22_30_29_870,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_21_22_30_29_880,Grupo_21_22_30_29_890,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_21_22_30_29_900,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_21_22_30_29_910,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Pto_Aprox,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
```

ENDPROC

PROC Grupo_23_24_28_27()

*** MECANIZADO SECTOR23_24_28_27***

```
ConfL\Off;
MoveL Pto_Aprox,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
MoveL Grupo_23_24_28_2710,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_2720,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_2730,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_2740,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_2750,Grupo_23_24_28_2760,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_2770,Grupo_23_24_28_2780,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_2790,Grupo_23_24_28_27100,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27110,Grupo_23_24_28_27120,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27130,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27140,Grupo_23_24_28_27150,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27160,Grupo_23_24_28_27170,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27180,Grupo_23_24_28_27190,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27200,Grupo_23_24_28_27210,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27220,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27230,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
```

MoveC Grupo_23_24_28_27240,Grupo_23_24_28_27250,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27260,Grupo_23_24_28_27270,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27280,Grupo_23_24_28_27290,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27300,Grupo_23_24_28_27310,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27340,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27350,Grupo_23_24_28_27360,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27370,Grupo_23_24_28_27380,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27390,Grupo_23_24_28_27400,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27410,Grupo_23_24_28_27420,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27430,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27440,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27450,Grupo_23_24_28_27460,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27470,Grupo_23_24_28_27480,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27490,Grupo_23_24_28_27500,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27510,Grupo_23_24_28_27520,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27530,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27540,Grupo_23_24_28_27550,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27560,Grupo_23_24_28_27570,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27580,Grupo_23_24_28_27590,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27600,Grupo_23_24_28_27610,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27620,Grupo_23_24_28_27630,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27640,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_2710,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27650,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27660,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27670,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27680,Grupo_23_24_28_27690,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27700,Grupo_23_24_28_27710,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27720,Grupo_23_24_28_27730,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27740,Grupo_23_24_28_27750,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27760,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27770,Grupo_23_24_28_27780,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27790,Grupo_23_24_28_27800,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27810,Grupo_23_24_28_27820,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27830,Grupo_23_24_28_27840,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27850,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27860,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27870,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27880,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_27890,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27900,Grupo_23_24_28_27910,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27920,Grupo_23_24_28_27930,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE UNA CÉLULA DE FABRICACIÓN FLEXIBLE
ROBOTIZADA

MoveC Grupo_23_24_28_27940,Grupo_23_24_28_27950,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27960,Grupo_23_24_28_27970,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_27980,Grupo_23_24_28_27990,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_271000,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_271010,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_271020,Grupo_23_24_28_271030,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_271040,Grupo_23_24_28_271050,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_271060,Grupo_23_24_28_271070,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_23_24_28_271080,Grupo_23_24_28_271090,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_271100,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_23_24_28_271110,v500,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Pto_Aprox,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;

ENDPROC

PROC Grupo_24_25_27_26()

*** MECANIZADO SECTOR24_25_27_26***

ConfL\Off;
MoveL Pto_Aprox,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
MoveL Grupo_24_25_27_26_10,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_24_25_27_26_20,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_24_25_27_26_30,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_24_25_27_26_40,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_50,Grupo_24_25_27_26_60,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_70,Grupo_24_25_27_26_80,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_90,Grupo_24_25_27_26_100,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_110,Grupo_24_25_27_26_120,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_130,Grupo_24_25_27_26_140,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_24_25_27_26_150,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_160,Grupo_24_25_27_26_170,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_180,Grupo_24_25_27_26_190,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_200,Grupo_24_25_27_26_210,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_220,Grupo_24_25_27_26_230,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_24_25_27_26_240,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_24_25_27_26_250,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_260,Grupo_24_25_27_26_270,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_280,Grupo_24_25_27_26_290,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_300,Grupo_24_25_27_26_310,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_320,Grupo_24_25_27_26_330,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_340,Grupo_24_25_27_26_350,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveL Grupo_24_25_27_26_360,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_370,Grupo_24_25_27_26_380,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_390,Grupo_24_25_27_26_400,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;
MoveC Grupo_24_25_27_26_410,Grupo_24_25_27_26_420,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;

```
MoveC Grupo_24_25_27_26_430,Grupo_24_25_27_26_440,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_450,Grupo_24_25_27_26_460,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_470,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_480,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_10,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_490,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_500,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_510,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_520,Grupo_24_25_27_26_530,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_540,Grupo_24_25_27_26_550,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_560,Grupo_24_25_27_26_570,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_580,Grupo_24_25_27_26_590,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_600,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_610,Grupo_24_25_27_26_620,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_630,Grupo_24_25_27_26_640,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_650,Grupo_24_25_27_26_660,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_670,Grupo_24_25_27_26_680,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_690,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_700,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_710,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_720,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_730,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_740,Grupo_24_25_27_26_750,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_760,Grupo_24_25_27_26_770,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_780,Grupo_24_25_27_26_790,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_800,Grupo_24_25_27_26_810,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_820,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_830,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_840,Grupo_24_25_27_26_850,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_860,Grupo_24_25_27_26_870,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_880,Grupo_24_25_27_26_890,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_900,Grupo_24_25_27_26_910,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveC Grupo_24_25_27_26_920,Grupo_24_25_27_26_930,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_940,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Grupo_24_25_27_26_950,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=Sufridera;  
MoveL Pto_Aprox,v100,fine,Tool_Fresa\WObj:=wobj0;
```

ENDPROC

ENDMODULE

9.3 Hojas de características

- I. IRB2400 (ABB).**
- II. SWS-071 (SCHUNK).**
- III. MHQG2-40D (SMC).**
- IV. VGS3010 (PIAB).**
- V. SM3002 Y AFD71 (PUSHCORP).**
- VI. B30A40C**
- VII. DAC**



IRB 2400

Industrial Robot

MAIN APPLICATIONS

Arc welding
Cutting/Deburring
Glueing/Sealing
Grinding/Polishing
Machine tending
Material handling



Most popular industrial robot

IRB 2400 is the world's most popular industrial robot in its class. It comprises a complete family of application optimized robots that maximize the efficiency of your arc welding, process and tending applications.

The IRB 2400 is a real hard worker. It can take additionally 35 kg load on axis 1 and 15 kg additional load on the upper arm - still keeping 100 % duty cycle.

The IRB 2400L model has 1.8 meters reach, 7 kg load capacity, large working range and slim arm and wrist. Other models offer handling capacity of up to 20 kg, excellent motion

control, large load offset and unlimited motion in axis 6. This means there's an IRB 2400 robot to give you excellent performance in your material handling, tending and process applications. All models offer you inverted mounting capability.

The compact design of the IRB 2400 ensures ease of installation. The robust construction and use of minimum parts contribute to high reliability and long intervals between maintenance.

The Foundry Plus version is washable with high pressure steam and it's supplied with increased environment protection meeting IP 67 standard.

IRB 2400

Industrial Robot

TECHNICAL DATA, IRB 2400 INDUSTRIAL ROBOT

SPECIFICATIONS

Robot version	Handling capacity	Reach	Protection
IRB 2400L	7 kg	1.8 m	Foundry, Clean room
IRB 2400-10	12 kg	1.5 m	FoundryPlus, Clean room
IRB 2400-16	20 kg	1.5 m	FoundryPlus, Clean room

Mounting	Floor and inverted all versions. Wall IRB 2400-10		
Supplementary load	IRB 2400L	IRB 2400-10	IRB 2400-16
Upper arm,			
-wrist end	1 kg	2 kg	2 kg
-rear end	10 kg	10 kg	10 kg
Base unit	35 kg	35 kg	35 kg

Number of axes	
Robot manipulator	6
External devices	6

Integrated signal supply	23 poles, 50 V DC 10 poles, 250 V AC
--------------------------	-----------------------------------------

Integrated air supply	Max. 8 bar
-----------------------	------------

PERFORMANCE

Positional repeatability	0.06 mm (average result from ISO test)		
--------------------------	----------------------------------------	--	--

Axis movements	IRB 2400L	IRB 2400-10	IRB 2400-16
Working range			
Positioning			
Axis 1, Rotation	360°	360°	360°
Axis 2, Arm	200°	200°	200°
Axis 3, Arm	125°	125°	125°
Re-orientation			
Axis 4, Wrist	370°	400°	400°
Axis 4, Option	-	Unlimited	Unlimited
Axis 5, Bend	240°	240°	240°
Axis 6, Rotation	800°	800°	800°
Axis 6, Option	Unlimited	Unlimited	Unlimited

Axis movements	IRB 2400L	IRB 2400-10	IRB 2400-16
Max. speed			
Positioning			
Axis 1, Rotation	150°/s	150°/s 90° *	150°/s
Axis 2, Arm	150°/s	150°/s 90° *	150°/s
Axis 3, Arm	150°/s	150°/s 90° *	150°/s
Re-orientation			
Axis 4, Wrist	360°/s	360°/s	360°/s
Axis 5, Bend	360°/s	360°/s	360°/s
Axis 6, Rotation	450°/s	450°/s	450°/s

*For wall mounted version

ELECTRICAL CONNECTIONS

Supply voltage	200-600 V, 50/60 Hz
Rated power, supply transformer	4 kVA/7.8 kVA with external axes

PHYSICAL

	IRB 2400L	IRB 2400-10	IRB 2400-16
Dimensions			
Total height	1,731 mm	1,564 mm	1,564 mm
Manipulator bases	723x600 mm	723x600 mm	723x600 mm
Weight			
Robot	380 kg	380 kg	380 kg

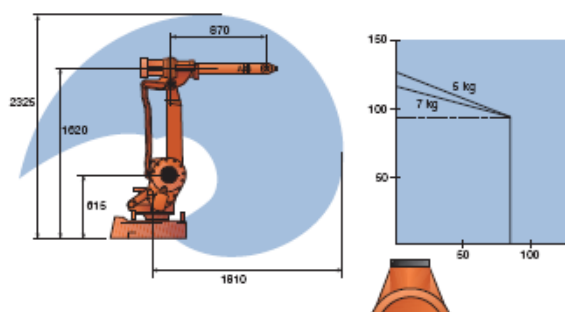
ENVIRONMENT

ENVIRONMENT			
Ambient temperature			
Basic manipulator in operation	5°C - 45°C		
Relative humidity	Max. 95%		
Degree of protection	IRB 2400L	IRB 2400-10	IRB 2400-16
Standard and Clean Room versions	IP54	IP54	IP54
Foundry or Foundry Plus versions	IP55/67	IP67	IP67
Clean Room	US Federal Standard 209, class 100		
Noise level	Max. 70 dB (A)		
Emission	EMC/EMI - shielded		

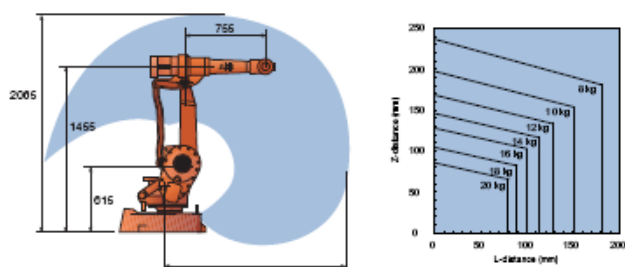
DATA AND DIMENSIONS MAY BE CHANGED WITHOUT NOTICE.

WORKING RANGE AND LOAD DIAGRAM

IRB 2400L



IRB 2400-10, IRB 2400-16



SWS-071

Tool Changing · Quick-change System · Medium Loads



Product description

Light and compact with an extremely strong locking force

No-Touch-Locking™

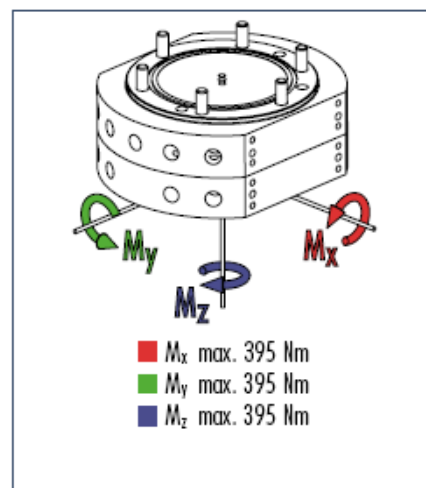
Locking without touching. Ensures that the SWS is securely locked even when the SWK and SWA do not touch. A maximum distance of 5 mm is possible.

Patented, self-retaining locking system

A larger piston diameter and the OD locking mechanism increase the permissible moment load. Steel components made from stainless Rc 58.

Air feed-through with specially developed rubber seals

Moment load

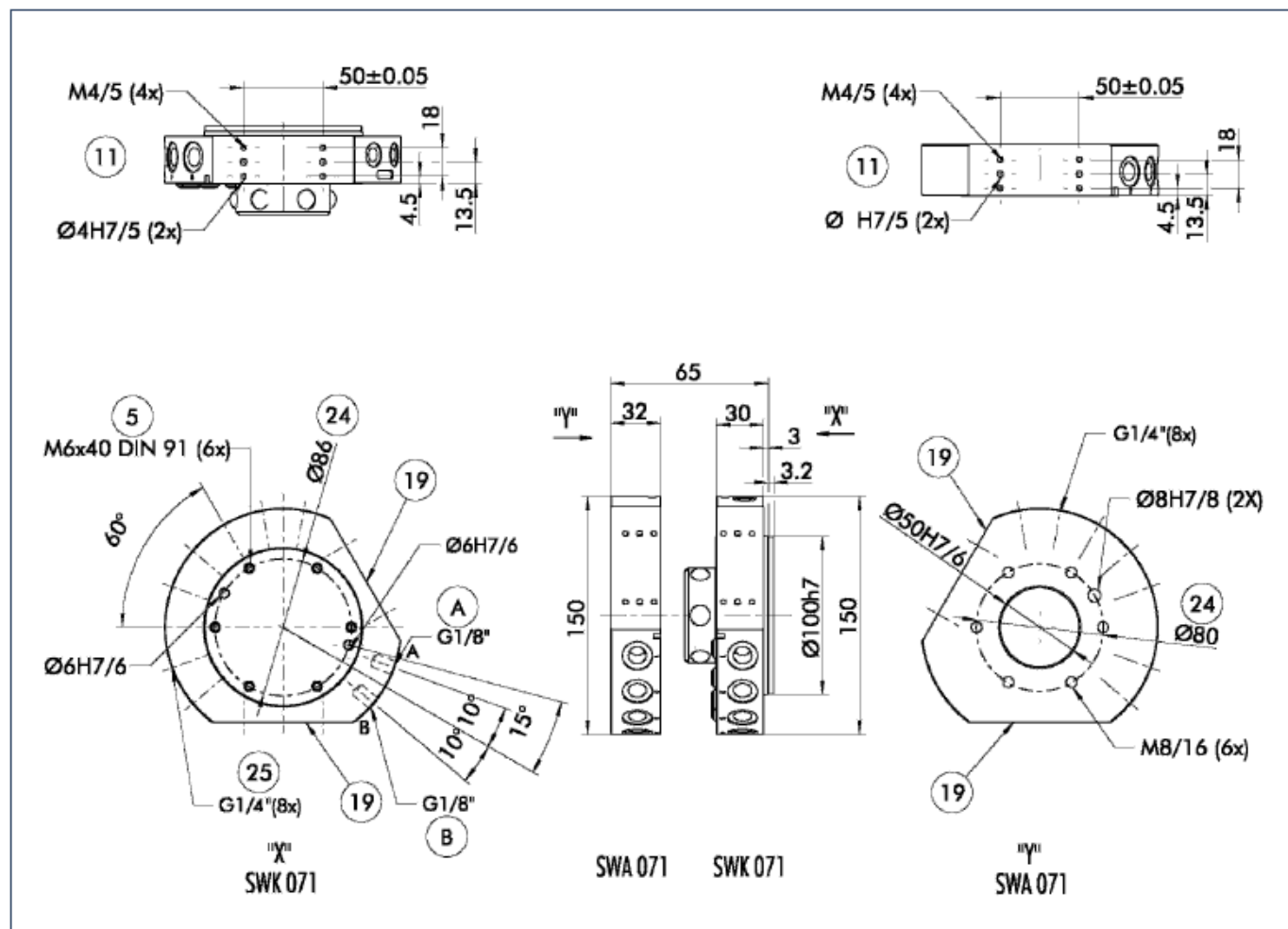


- ① The dynamic moment load can be up to three times larger than the static moment load. Tests have shown that the system will only begin to fail in the event of 12-fold static moment.

Technical data

Designation		SWS-071	
Maximum payload	[kg]	79	A larger payload is possible with smaller moments
Locking force (at 6 bar)	[N]	8075	In the event of higher tensile forces the system "falls" into the self-locking position
Repeat accuracy	[mm]	0.015	Tested at 1 million cycles
Weight	[kg]	3.1	1.8 kg head; 1.3 kg adapter
Min./max. distance on locking	[mm]	5.0	No-Touch-Locking™ technology allows the parts to be coupled without the head and the adapter touching
Pneumatic energy transmission		8x pneumatic G 1/4"	Max. 7 bar
Maximum permissible XY offset	[mm]	± 2	Maximum permissible XY offset when locking
Maximum permissible angular offset	[°]	± 1	Maximum permissible angular offset around the Z axis when locking

Main views



The drawing shows the quick-change system in the basic version, the dimensions do not include the options described below.

- A Locked air connection
- B Unlocked air connection
- ⑤ Through-bore for screw connection with screw (enclosed)
- ⑪ Drilling pattern on both sides
- ⑲ Screw connection area for options
- ⑳ Bolt pitch circle
- ㉑ Air feed-through

Electrical options

Designation		Detailed data sheet
R19	19 pins, 5 A/250 VAC*, MS connector	See "SWS options" chapter
R26	26 pins, 5 A/250 VAC*, MS connector	See "SWS options" chapter
G19	19 pins, 5 A/250 VAC*, MS connector, pivotable connector socket	See "SWS options" chapter
G26	26 pins, 3 A/250 VAC*, MS connector, pivotable connector socket	See "SWS options" chapter
MT8	8 pins, 20 A/500 VAC**	See "SWS options" chapter
MT14	14 pins, 13 A/500 VAC**	See "SWS options" chapter

* 250 VAC grounding done by customer

** 500 VAC grounding done by customer

How to order (example)

SW ☐ -071- ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

SWS-071	Examples
Option B	SWK-071-000-000
Option A	(SWK-071, head side, no option)
K = head	SWA-071-R19-000
A = adapter	(SWA-071, adapter plate side, with R19 option)
	SWA-071-T19-F02
	(SWA-071, head side, with T19 option and F02 option)

SWS-071

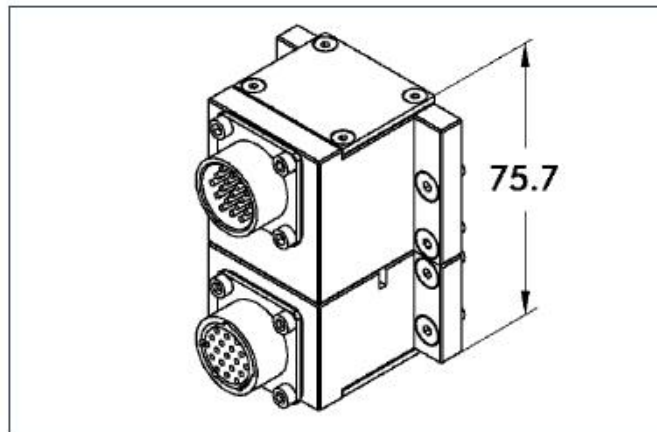
Tool Changing · Quick-change System · Medium Loads

Typical set-up on the robot



- ① Adapter plate on ISO flange
- ② Quick-change head SWK
- ③ Quick-change adapter SWA
- ④ Option 1: Electric modules (e.g. R19)
- ⑤ Cable connector for option 1
- ⑥ Option 2

Quick-change connector R19/R26/R32



Option: Miniature quick-change connector with protected contact and splash-proof contact pins (5 Amp/250 VAC per pin). With tool coding as an option.
R19 = 19-pin

Designation	ID	Fits Description
R19 head	9935815	SWK 19 pins, 5 Amp/250 VAC* E option with miniature quick-change connector
R19 adapter	9935816	SWA 19 pins, 5 Amp/250 VAC* E option with miniature quick-change connector
R14 adapter	9935100	SWA tool coding 0-9 tools, 5 Amp/250 VAC* 14 pins can be used by customer — see drawing, fits R19 head
R10 adapter	9941385	SWA tool coding 0-99 tools, 5 Amp/250 VAC* 10 pins can be used by customer — see drawing, fits R19 head

* 250 VAC grounding done by customer

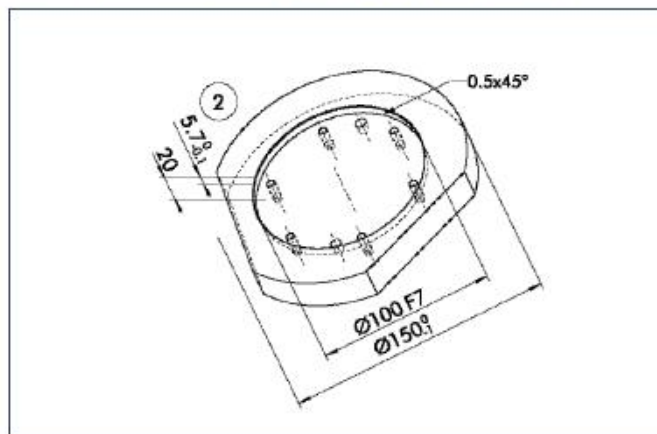
Cable connectors



Cable connector for the connection between the R19 module and the cable

	Straight		90°	
Cable connectors for	ID	Designation	ID	Designation
R19 head	0301240	KAS-19B-K-0	0301248	KAS-19B-K-90
R19; R14; R10 adapter	0301241	KAS-19B-A-0	0301249	KAS-19B-A-90

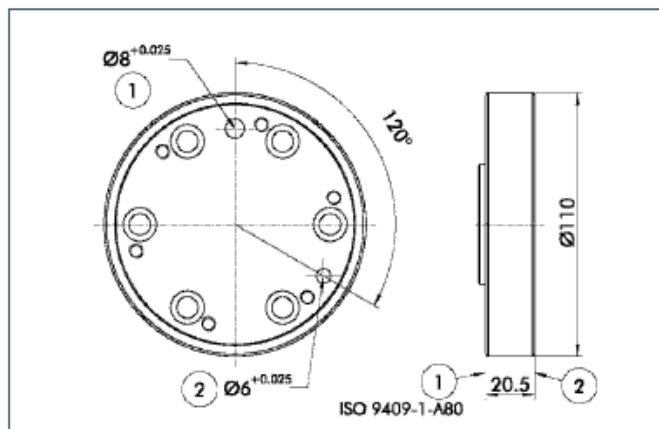
Design information for adapter plate



② Tool-side connection

Adapter design recommendation. An adapter is required to seal the piston chamber.

Standard adapter plates for ISO flanges

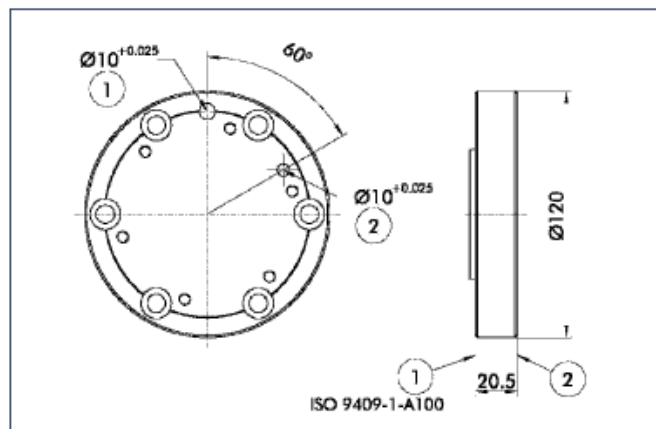


- ① Robot-side connection
- ② Tool-side connection

Adapter plate A80

For mounting the SWK-071 directly to a flange in accordance with ISO 9409-1-080-6-M8

Designation	ID
A-SWK-071-ISO-A-80	0302209



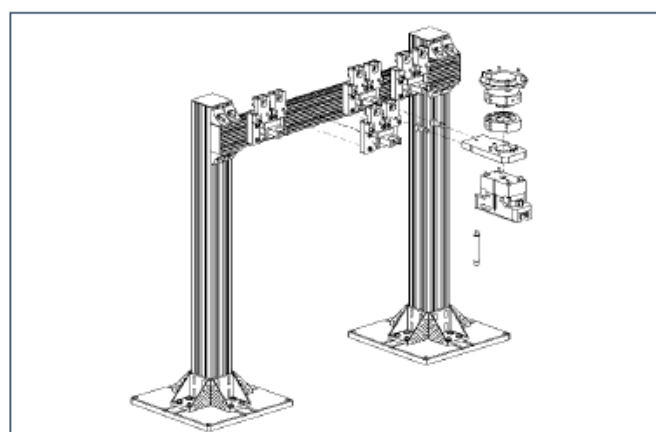
- ① Robot-side connection
- ② Tool-side connection

Adapter plate A100

For mounting the SWK-071 directly to a flange in accordance with ISO 9409-1-100-6-M8

Designation	ID
A-SWK-071-ISO-A-100	0302210

Modular quick-change rack SWM-M



The modular "medium" quick-change rack has been designed for the SWS-071 size. The system's modular structure enables you to assemble your rack on an individual basis. Depending on the number of tools, the storage position and tool size allows you to create a rack tailor-made to your application.

SWS-071

Tool Changing · Quick-change System · Medium Loads

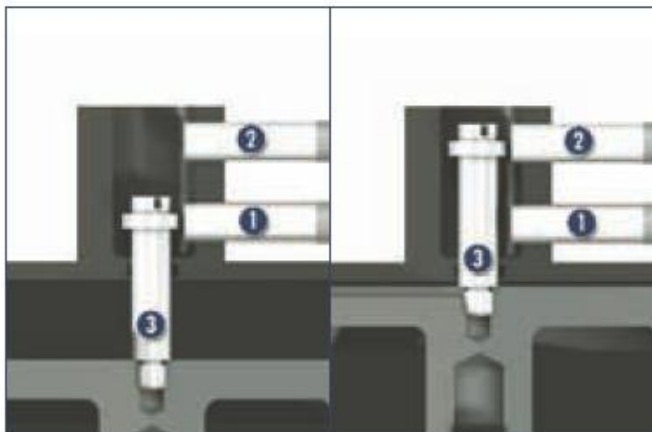
Typical set-up on the robot



when using the SIP piston stroke control

- ① Adapter plate on ISO flange
- ② SIP piston stroke control
- ③ Proximity switch
- ④ Quick-change head SWK
- ⑤ Quick-change adapter SWA
- ⑥ Option 1 (example: R19)
- ⑦ Cable connector (KAS) for option 1
- ⑧ Option 2

Mode of operation of the SIP



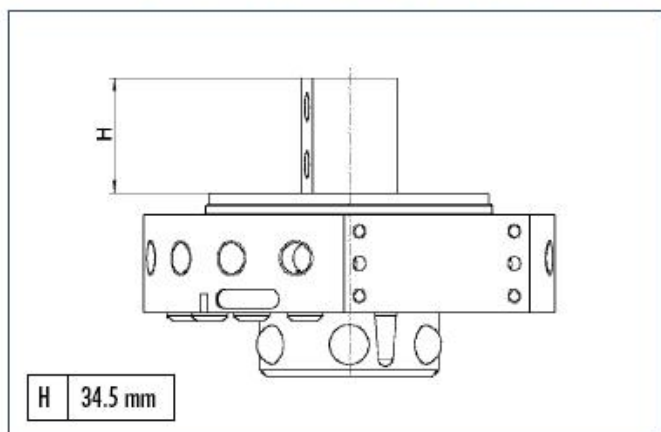
Locked

Unlocked

- ① Sensor for locked (INW 80/S 0301508 or 0301408)
- ② Sensor for unlocked (INW 80/S 0301508 or 0301408)
- ③ Sensor target

Using the piston stroke control it is possible to monitor the locked and unlocked position of the quick-change head by means of inductive proximity switches.

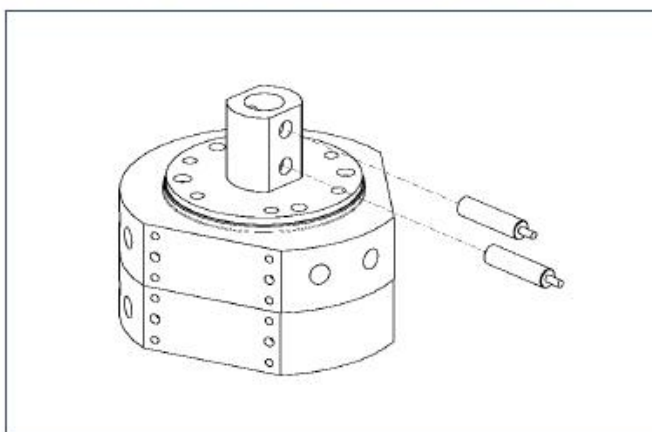
Minimum height of adapter plate for SIP-071



H 34.5 mm

The drawing shows the minimum height of the adapter plate needed for installing a piston stroke control.

Proximity switch installation position



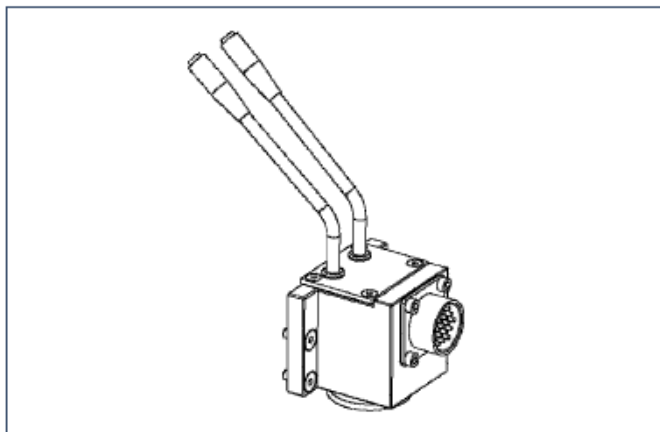
Inductive proximity switch

Designation	ID
INW 80/S-M12	0301508
INW 80/S-M8	0301408

Inductive proximity switch in conjunction with R19-W

Designation	ID
IN-B 80/S-M8	0301477

Electronic module R19-W



With connection option for proximity switch

The piston stroke control proximity switches can be monitored via the R19-W electronic module. In order to do this, the cables are connected directly to the module.

Designation	ID	
R19-W	9942041	19 pins 5 A/250 VAC*, 15 are free and 4 pins are needed for the proximity switches

* 250 VAC grounding done by customer

Option also available for other electronic modules



Pinzas neumáticas de apertura paralela. Ejecución reforzada

Serie **MHQG2**

ø32, ø40 (Por favor referirse a las nuevas series MHZ)

Dispone de guía reforzada.

Posibilidad de montaje de detectores de estado sólido con LED indicador.



Características técnicas

Fluido			Aire comprimido
Presión de trabajo	Doble efecto		0.1 a 0.6MPa
	Simple efecto	Normalm. abiertos	0.25 a 0.6MPa
		Normalm. cerrados	
Temperatura ambiente y de fluido			-10 a 60°C
Repetitividad			ø32/40: ±0.02mm
Frecuencia máxima de trabajo			ø32/40: 60c.p.m
Lubricación			No necesaria
Funcionamiento			Doble efecto, efecto simple
Detectores magnéticos (opción)			Detector de estado sólido: D-Y59&, D-Y69 &

Modelo

Funcionamiento		Modelo	Diámetro (mm)	Fuerza de presión ⁽¹⁾ (valor efectivo) (N)	Carrera de apertura/cierre (ambos lados) (mm)	Peso ⁽²⁾ (g)
Doble efecto		MHQG2-32D	32	Presión externa: 88 Presión interna: 139	20	1100
		MHQG2-40D	40	Presión externa: 158 Presión interna: 247	28	1940
Simple efecto	Normalm. abierta	MHQG2-32S	32	69	20	1110
		MHQG2-40S	40	130	28	1960
	Normalm. cerrada	MHQG2-32C	32	127	20	1110
		MHQG2-40C	40	227	28	1960



1) Los valores de fuerza interna y externa en el caso del modelo con doble efecto, y la fuerza externa de presión para el efecto simple en condición normalmente abierta y la fuerza de presión interna para el efecto simple normalmente cerrada.

2) Excepto el peso de los detectores magnéticos, se refieren a una presión de 0,5MPa.

3) Para más detalles, véase CAT. E230.

GARRA DE VACÍO VGS™3010

PIAB

VGS™3010 FC75P



VENTOSAS CÓNCAVAS, PLANAS CON REFUERZOS

- Tecnología patentada COAX® .
- Adecuadas para superficies aceitosas ligeramente curvas y planas, por ej. chapa de acero o aluminio en procesos de prensado.
- Debido a la alta fricción de la goma, las ventosas pueden soportar altas fuerzas de tensión en aceleraciones rápidas en planos horizontales, incluso en superficies aceitosas.
- Las ventosas DURAFLEX® están fabricadas en un material revolucionario, poliuretano que combina la suave elasticidad de la goma con la excepcional resistencia al desgaste del poliuretano.
- DURAFLEX® es un material que no deja marcas.
- Ventosa con rácor moldeado con rosca G3/8" macho, extraíble.

DATOS TÉCNICOS

Descripción	Unidad	Valor
Presión de alimentación máxima	MPa	0.7
Nivel de ruido	dBA	65-74
Temperatura de trabajo	°C	10-50
Peso	g	111-133
Material		PP, PA, NBR, AL, SS, PU

CARGA RECOMENDADA CON FACTOR DE SEGURIDAD 2 Y TIEMPO DE RESPUESTA PARA UNA UNIDAD, 40° SHORE

Presión de alimentación	Consumo de aire y potencia del compresor, funcionamiento continuo	Material a manipular (ver tabla abajo)	Carga perpendicular recomendada con factor de seguridad 2	Carga paralela (total) recomendada con factor de seguridad 2	Tiempo de respuesta a 50 -kPa con PI12-2	Tiempo de respuesta a 50 -kPa con PI12-3
MPa			N	N	s	s
0.314	0.47 NI/s, 155 W	Aglomerado	102	117	El tiempo de respuesta varía dependiendo de la calidad y porosidad del material a manipular.	
0.314	0.47 NI/s, 155 W	Cartón corrugado	57	71		
0.314	0.47 NI/s, 155 W	Acero seco	100	131	0.053	0.051
0.314	0.47 NI/s, 155 W	Acero aceitoso	100	63	0.053	0.051

CARGA RECOMENDADA CON FACTOR DE SEGURIDAD 2 Y TIEMPO DE RESPUESTA PARA UNA UNIDAD, 60° SHORE

Presión de alimentación MPa	Consumo de aire y potencia del compresor, funcionamiento continuo	Material a manipular (ver tabla abajo)	Carga perpendicular recomendada con factor de seguridad 2 N	Carga paralela (total) recomendada con factor de seguridad 2 N	Tiempo de respuesta a 50 -kPa con PI12-2 s	Tiempo de respuesta a 50 -kPa con PI12-3 s
0.314	0.47 NI/s, 155 W	Aglomerado	117	121	El tiempo de respuesta varía dependiendo de la calidad y porosidad del material a manipular.	
0.314	0.47 NI/s, 155 W	Cartón corrugado	59	58		
0.314	0.47 NI/s, 155 W	Acero seco	123	90	0.053	0.051
0.314	0.47 NI/s, 155 W	Acero aceitoso	113	34	0.053	0.051

Observación: La potencia del compresor se calcula de acuerdo a: 5.5 W de energía eléctrica consumida por NI/min de aire comprimido producido, válido para un compresor de tamaño normal de 7 bar.

NOTA: Los tiempos de respuesta no son válidos para el compensador de nivel LC30.

Definición de material: Cartón corrugado = B Flauta 3 mm, 80 segundos Gurley.

GARRA DE VACÍO VGS™3010

PIAB

CÓMO HACER UN PEDIDO

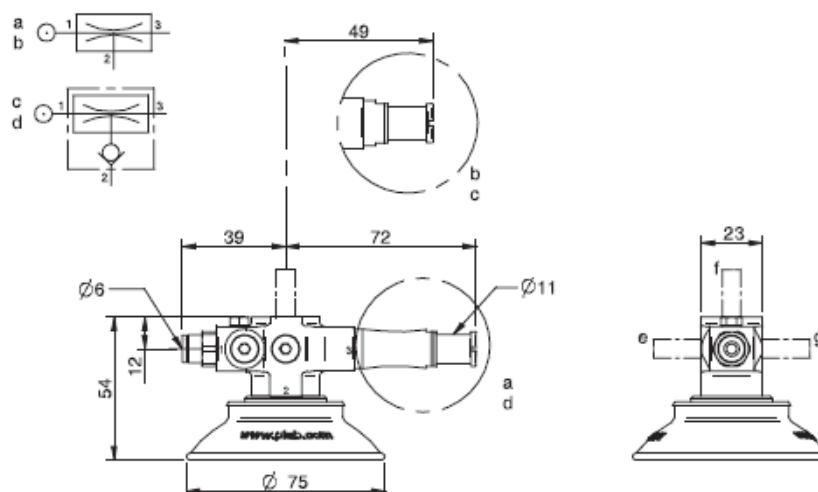
	1. COAX® cartucho	Código VGS
	Sin COAX® cartucho (unidad esclava con un tapón ciego M14)	AA
b	COAX® cartucho Pi12-2	AB
a	COAX® cartucho Pi12-3	AC
c	COAX® cartucho Pi12-2, válvula antirretorno	AD
d	COAX® cartucho Pi12-3, válvula antirretorno	AE

	2. Montaje/Orientación	Código VGS
	4x M4 superior, 1x tapón G1/8" montaje a nivel	00
f	M8 16 mm superior	01
g	M8 16 mm derecha	02
e	M8 16 mm izquierda	03
f	M8 27mm superior, incluye kit de perfil	04
g	M8 27mm derecha, incluye kit de perfil	05
e	M8 27 mm izquierda, kit de perfil	06
f	M8 22 mm superior, kit de perfil	07
g	M8 22 mm derecha, kit de perfil	08
e	M8 22 mm izquierda, kit de perfil	09
g	Junta esférica VGS™3010, conexión derecha	11
e	Junta esférica VGS™3010, conexión izquierda	12
g	Acoplamiento cilíndrico VGS™3010, conexión derecha	13
e	Acoplamiento cilíndrico VGS™3010, conexión izquierda	14
	Compensador de nivel LC30	15

Más información sobre LC30 vea los datos técnicos separados.

	3. Ventosa con conexión	Código VGS
	Sin ventosa	BA
	FC75P 40° Shore A	BR
	FC75P 60° Shore A	BS

Ejemplo	Código VGS
VGS™3010 FC75P – Pi12-3, M8 27 mm superior incluye kit de perfil, FC75P 40° Shore A	VGS3010 AC 04 BR



SM3002 High Speed Servo Motor

The SM3002 is a 2.0 horsepower (1.5 kW) High Speed Servo Motor that has been developed as an alternative to inefficient and high maintenance air motors. The unit uses a 30,000 rpm, water cooled, servo motor to produce exceptional performance in a compact and light weight package. The motor utilizes a manual "ER" Series collet that has the ability to clamp a very wide range of tool shaft diameters. With a manual collet operator intervention is required when the media needs to be replaced. For applications where the abrasive media or the tools have a long life the manual collet is the ideal solution. The SM3002 can be easily mounted in any orientation using the thru holes provided in the motor housing.

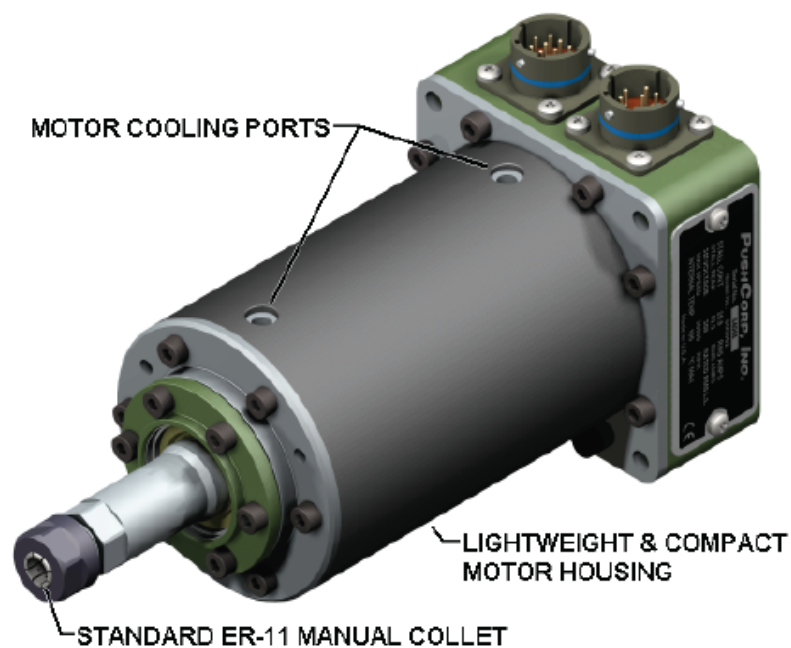


SM3002

For additional information download the [SM3002 Manual \(.pdf\)](#)

FEATURES

- 2.0 horsepower (1.5 kW) servo motor (Liquid Cooling Required)
- 30,000 maximum RPM (Reversible)
- Sealed ceramic bearings for high rotational speeds
- $\pm 5\%$ speed regulation
- Manual "ER" Series collet
- Collets available from 1/16 - 1/4 inch (0.5mm - 7 mm)
- **PushCorp** proprietary high-speed shaft seal
- All fittings, fasteners, and threaded holes are METRIC



TOOL SPECIFICATIONS:

Power: 2.0 hp (1.5 kW)*
Continuous Stall Torque: 1.22 lb.-ft. (1.7 N-m)*
Speed Range: 60-30000 RPM*
Speed Regulation: $\pm 5\%$ (Reversible)
Tool Weight: 6 lbs. (3 kg)
* Liquid Cooled

Requires power amplifier and cables.
Call for appropriate ordering information.

COLLET SPECIFICATIONS:

Standard ER-11 Collet

Specifications subject to change without notice.

SM3002 High Speed Servo Motor



PUSHCORP, INC.

AFD70 Series Passive Compliance Force Device

The *PushCorp* Passive *AFD70 Series* force device is a simple, low-cost compliant unit for many applications. Using a low friction cylinder and linear rail technology this device delivers up to 50 lb. (222 N) of force. The unit is equipped standard with an internal position sensor to monitor the location of the carriage. Fitted with a manual or electrically controlled pneumatic regulator, the *AFD70 Series* can make quick work of many force based applications.

The *70 Series* can be equipped as either an AFD71 single acting with only positive force application, or an AFD72 double acting with positive and negative force capability. The unit may also be ordered in three different standard mounting configurations.

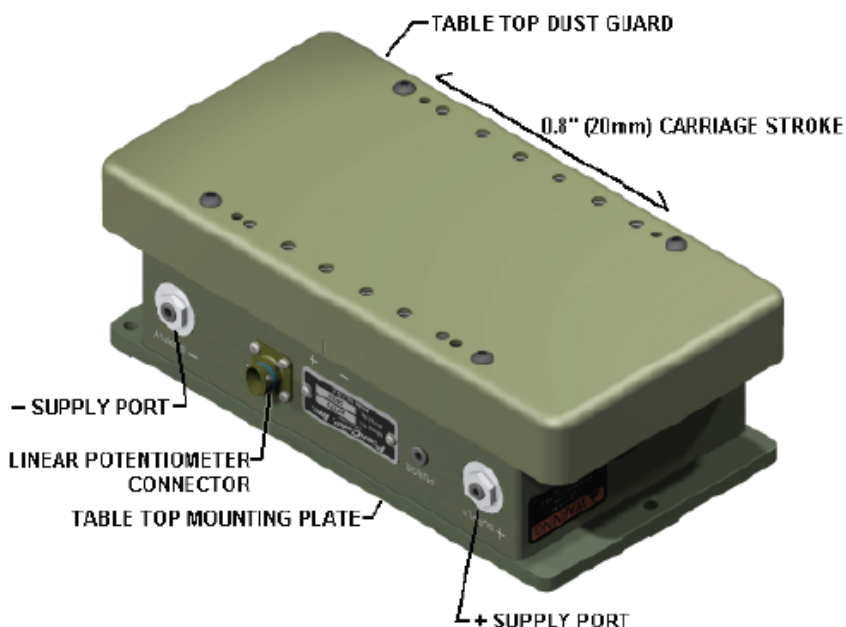


AFD70-3 Table Top

For additional information download the [AFD70 Manual \(.pdf\)](#)

FEATURES

- Single or Double acting force application
- Carriage position sensor
- Integral cartridge air filter
- 50 lb. (222 N) Maximum applied force
- 0.8 in. (20 mm) Linear compliant stroke
- Low Cost
- User supplied pressure regulator
- Rigid, light weight mechanical design
- All fittings, fasteners, and threaded holes are METRIC



AFD70-3 TABLE TOP

SPECIFICATIONS:

Maximum Applied Force: 50 lb. (222 N)
Force Resolution: 0.7 lb./psi (45.2 N/bar)
Max. Payload Weight: 40 lb. (23 kg)
Weight: AFD70-1 - 17 lb (7.7 kg) (excluding payload)
AFD70-2 - 12 lb (5.5 kg) (excluding payload)
AFD70-3 - 12 lb (5.5 kg) (excluding payload)
Compliant Stroke: 0.8 in. (20mm)
Mounting flange: Standard or User specified hole pattern
Supply air: Dry, 5µm Filtered, Non-lubricated, 80 psi (5.5 Bar) max.

Specifications subject to change without notice.

Description

The B30A40AC PWM servo drive is designed to drive brushless DC motors at a high switching frequency. A single red/green LED indicates operating status. The drive is fully protected against over-voltage, under voltage, over-current, over-heating and short-circuits across motor, ground and power leads. Furthermore, the drive can interface with digital controllers or be used stand-alone and requires only a single unregulated AC power supply. Loop gain, current limit, input gain and offset can be adjusted using 14-turn potentiometers. The offset adjusting potentiometer can also be used as an on-board input signal for testing purposes.

Power Range

Peak Current	30 A
Continuous Current	15 A
Supply Voltage	45 - 270 VAC


Features

- ▲ Four Quadrant Regenerative Operation
- ▲ Adjustable Current Limits
- ▲ Selectable Inhibit/Enable Logic
- ▲ Built in Shunt Regulator Circuit
- ▲ External Shunt Resistor Terminals
- ▲ On-Board Test Potentiometer
- ▲ Offset Adjustment Potentiometer
- ▲ Selectable 120/60 Hall Commutation Phasing
- ▲ Hall Velocity Mode
- ▲ Encoder Velocity Mode
- ▲ Differential Encoder Feedback
- ▲ Directional Inhibit Inputs for Limit Switches

MODES OF OPERATION

- Current
- Open Loop
- Hall Velocity
- Encoder Velocity
- Tachometer Velocity
- External/Analog Velocity

COMMAND SOURCE

- ± 10 V Analog

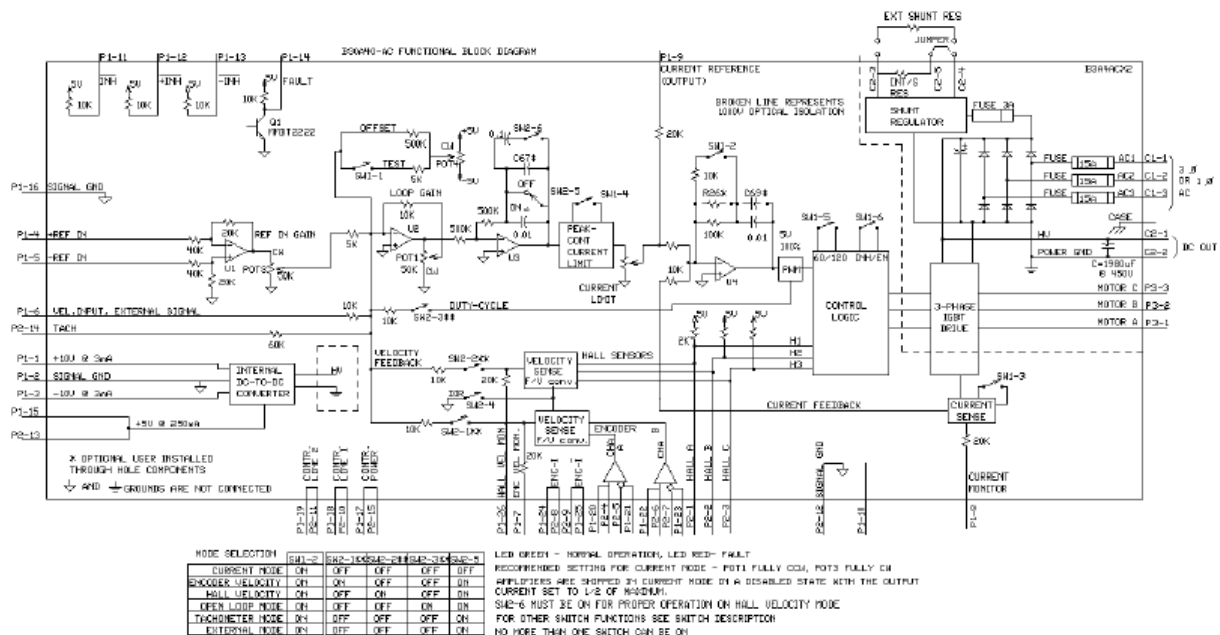
FEEDBACK SUPPORTED

- Halls
- Incremental Encoder
- Tachometer
- ± 10 V Analog

COMPLIANCES & AGENCY APPROVALS

- UL
- cUL
- CE Class A (LVD)
- CE Class A (EMC)
- RoHS

BLOCK DIAGRAM



Information on Approvals and Compliances*



US and Canadian safety compliance with UL 508c, the industrial standard for power conversion electronics. UL registered under file number E140173. Note that machine components compliant with UL are considered UL registered as opposed to UL listed as would be the case for commercial products.



Compliant with European CE for both the Class A EMC Directive 89/336/EEC on Electromagnetic Compatibility (specifically EN 61000-6-4:2001, EN 61000-6-2:2001, EN 61000-3-2:2000, and EN 61000-3-3:1995/A1:2001) and LVD requirements of directive 73/23/EEC (specifically EN 60204-1), a low voltage directive to protect users from electrical shock.



RoHS (Reduction of Hazardous Substances) is intended to prevent hazardous substances such as lead from being manufactured in electrical and electronic equipment.

*Approvals may be pending. See "Compliances & Agency Approvals" on page 1 of datasheet for currently held approvals.

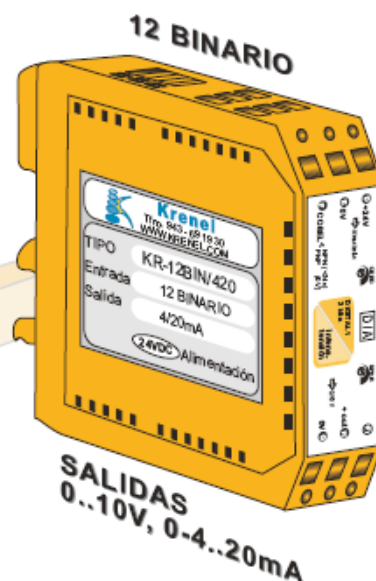
CONVERTIDOR

DIGITAL - ANALÓGICO

12BITS

SALIDA

0/10V
4/20mA
...



DESCRIPCIÓN

Convertidore digitale de 12 bits en código binario, a una señal analógica de tensión ó intensidad, con 4096 puntos de resolución.

Se presentan en configuración modular estrecha para encajarse en perfiles de rail DIN EN, con bornas enchufables por tornillo, de reducido espacio y consumo.

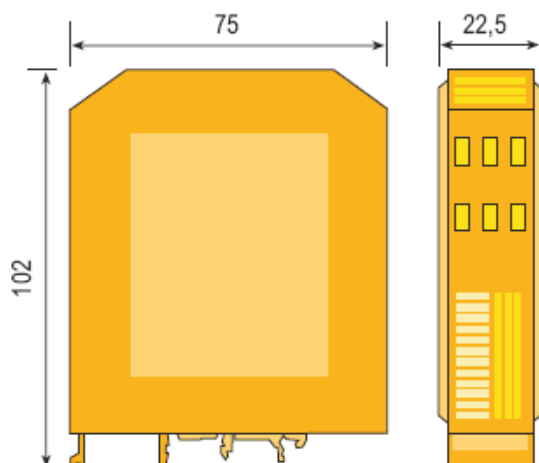
ENTRADA

- Entrada 12 bits optoacopladas
- Transistor PNP ó NPN (24V) y TTL

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Resolución	12 bits < 0,025 %
- Temperatura de trabajo	-10° ... +55° C
- Tensión de alimentación	24VDC (+/- 10%)
- Consumo máximo sin entradas	40 mA
- Absorción de corriente máxima por cada entrada digital	10 mA
- Protección contra cortocircuitos en la salida	
- Ajuste de OFFSET y SPAN exterior	

DIMENSIONES (mm)



SALIDA 4 / 20 mA

- Resistencia de carga (<i>tensión</i>)	mín 1K Ohm
- Resistencia de carga (<i>corriente</i>)	máx 600 Ohm
- Intensidad máx. de salida (<i>tensión</i>)	25 mA
- Intensidad máx. de salida (<i>corriente</i>)	10 mA

CUMPLIMIENTO NORMATIVAS

Compatibilidad electromagnética	Directiva	2004 / 108 / CE
Baja tensión para amb. industriales.	Directiva	73 / 23 / ECC
Emisiones electromagnéticas	Norma	UNE-EN 50081-2
Inmunidad electromagnética	Norma	UNE-EN 50082-2
Recogida selec. de aparatos elec.	Directiva	2002 / 96 / CE

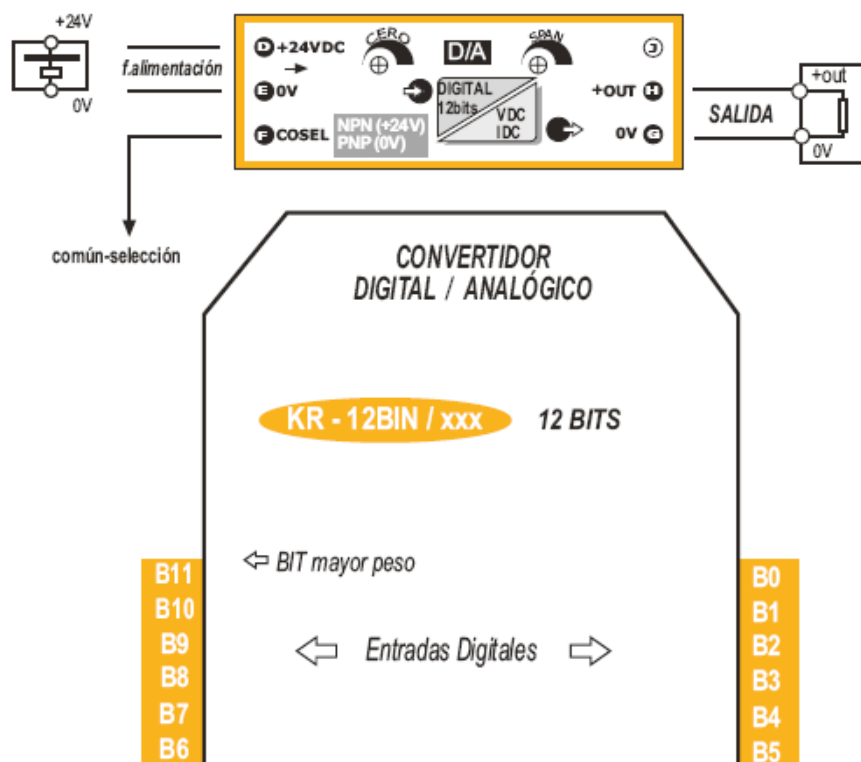
CARACT. MECÁNICAS

Protección:	IP 20
Cable conexión:	<2,5mm , 12 AWG
Caja:	Poliamida UL94. V2
Peso:	max. 105 gr.
Sujeción a rail:	EN 50035, EN 50022

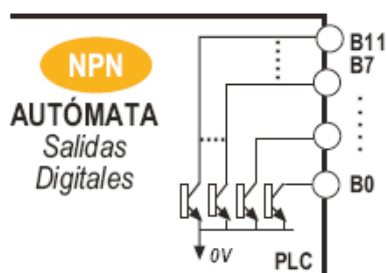
MODELOS

SALIDA	24VDC	230VAC
4 / 20mA	KR-12BIN/420	
0 / 20mA	KR-12BIN/020	
0 / 10V	KR-12BIN/010	

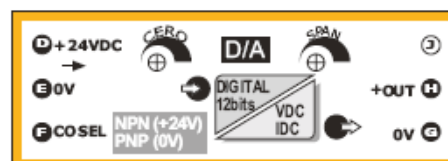
CONEXIONADO



SELECCIÓN PNP ó NPN. Líneas Digitales



+24V
SELECCIÓN



SELECCIÓN
0V

Co COSEL (Común selección)

NPN → +24 V

PNP → 0V

